VERSTANDLICHE
WISSENSCHAFT

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/einfuhrungindiew0000drri_m9q1

Verständliche Wissenschaft

Dritter Band

Einführung in die Wissenschaft vom Leben

oder

Ascaris

Von

Richard Goldschmidt

Zwei Teile

Berlin · Verlag von Julius Springer · 1927

Einführung in die Wissenschaft vom Leben

oder

Ascaris

Von

Professor Dr. Richard Goldschmidt
Berlin-Dahlem

4. bis 8. Tausend

Mit 161 Abbildungen

Zweiter Teil

Berlin · Verlag von Julius Springer · 1927

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1927 by Julius Springer in Berlin.

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Siebenter Abschnitt.

Richten wir nun wieder den Blick auf unseren alten Freund Ascaris, der fein säuberlich aufgeschnitten in der Sezierschale vor uns liegt. Da sehen wir ein flaches Band durch die ganze Länge des Tieres hindurchziehen. Nur am Vorder- und Hinterende erscheint es auf eine kurze Strecke etwas verändert (Abb. 77). Genauere Untersuchung zeigt uns bald, daß das scheinbare Band ein flach zusammengedrückter Schlauch ist und wir werden uns nicht zu sehr wundern, zu erfahren, daß wir hier den Darm des Spulwurms vor uns haben. Eine genaue Untersuchung, bei der wir uns auch des Mikroskops bedienen, lehrt bald, daß er aus drei Abschnitten besteht. Vorn am Körperende, zwischen den früher erwähnten Lippen liegt die Mundöffnung. Sie führt in ein kurzes, etwa ein Zentimeter langes, kreisrundes Rohr, das wir den Schlund nennen. Daran schließt sich der bandförmige Hauptteil des Darms an, der schließlich wieder in ein kurzes Endstück, den Mastdarm, übergeht, der mit der Afteröffnung nach außen mündet. So verschiedenartig nun der Darm der Tierarten aussehen mag, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle besteht er aus diesen drei Teilen. Das ist auch leicht verständlich. Da sind zunächst der Mund und der Schlund, die die Nahrung aufnehmen und in den Körper leiten. Von hier gelangt sie in den Hauptteil des Darmkanals, den Verdauungsdarm, in dem die Nahrung verarbeitet und in die Körpersäfte aufgenommen wird; die unbrauchbaren Reste werden aber durch Mastdarm und After wieder entfernt.

Wie unser Spulwurm zeigt, können diese wichtigen Teile sehr einfach gebaut sein. Da ist zunächst der der Nahrungs-

aufnahme dienende Abschnitt. Der im Nahrungsbrei schwimmende Schmarotzer braucht nicht mühsam seine Nahrung einzufangen und mundgerecht zu machen wie so viele andere Tiere. So entbehrt sein Mund auch leicht solchem Zweck dienender Hilfseinrichtungen. Es ist einfach ein Loch vorhanden, durch das die Nahrung einströmt. Nun fließt sie allerdings nicht von selbst hinein, so wie die gebratenen Tauben des Schlaraffenlandes in den Mund fliegen. Dafür trägt vielmehr der Schlund Sorge, der wie eine Saugpumpe arbeitet, die die Nahrung einzieht. Bei einer mikroskopischen Untersuchung finden wir, daß der Hohlraum des Schlundrohres in seiner Ruhestellung ganz durch die dicke wulstige

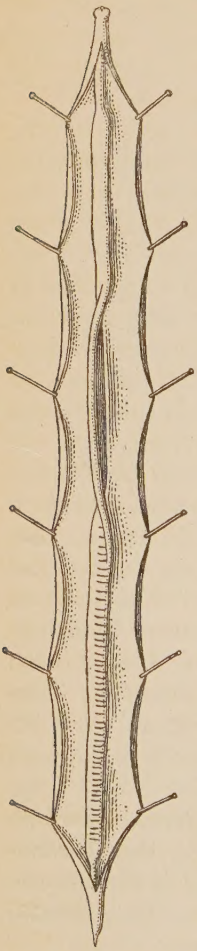
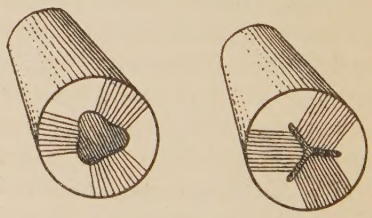


Abb. 77. Ascaris aufgeschnitten, um den Darm zu zeigen.



a *b*

Abb. 78. Ein Stück der Speiseröhre von Ascaris. *a* bei geöffnetem, *b* bei geschlossenem Hohlraum.

Wand verschlossen ist. In der Wand aber finden sich Muskeln, deren Zusammenziehung die Wülste abplattet, wodurch der Hohlraum im Rohr erweitert und eine Saugwirkung erzeugt wird, gerade wie bei einer Saugpumpe (Abb. 78). Zum Vergleich presse man etwa beide Handflächen dicht zusammen, daß der Hohlraum schwindet. Dann tauche man die Hände an einer Stelle in Wasser, erweitere den Hohlraum wieder durch Wölbung der Hand und lasse nur an der eingetauchten Stelle eine Öffnung

entstehen; durch sie wird dann das Wasser eingesaugt. Durch diesen Schlund gelangt, wie gesagt, die Nahrung nun in den verdauenden Darm, dem die Hauptaufgabe zukommt. Bei einem Schmarotzer, der sich von vorher verdauter Nahrung ernährt, ist das allerdings nicht viel. So benötigt sein Darm aller der verschiedenartigen Einrichtungen nicht, die bei anderen Tieren zum Verdauungsgeschäft zusammenhelfen; er kann sich vielmehr völlig der zweiten Aufgabe des Darms widmen, die verdauten Stoffe aufzusaugen und dem übrigen Körper zuzuführen. Dabei wird nicht sehr viel Unbrauchbares übrigbleiben, das durch den Mastdarm entfernt werden müßte. Immerhin ist es etwas, denn der Mastdarm besitzt seine Muskeln, deren Tätigkeit den Inhalt zum After hinauspreßt.

Das sind nun ziemlich einfache Dinge und doch bedeuten sie, wenn richtig betrachtet, fast die Hälfte des tierischen Lebens. Denn wie Schiller von der Welt sagte, „erhält sich ihr Getriebe durch Hunger und durch Liebe". So würde eine vollständige Betrachtung des Erwerbs, der Aufnahme und Verarbeitung der Nahrung fast gleichbedeutend sein mit einer genauen Beschreibung der ganzen Tierwelt. Das haben wir uns aber hier nicht vorgenommen. Aber wenn wir auch so bescheiden sind, nur einen Blick in das Wesen der Ernährung und der ihr dienenden Organe zu werfen, werden wir Gelegenheit haben, unsere Wißbegier in vielen Punkten zu befriedigen. Ehe wir das tun, drängt sich uns aber eine Vorfrage auf: Gibt es auch Tiere ohne Darm? Die Pflanzen besitzen auch keinen Darm und ernähren sich doch; wieso vermögen sie das?

1.

Es gibt in der Tat ganze Gruppen von Tieren, die keinen Darm haben und sich doch ernähren. Eine davon haben wir erst kürzlich kennengelernt, die einfachen einzelligen Lebewesen, deren gesamtes Leben sich innerhalb einer Zelle abspielt, bei denen man also keinen Darm erwarten kann. Wie alle anderen Aufgaben, so werden auch die der Verdauung von dem Zelleib besorgt. Nehmen wir etwa eine Amöbe, deren

weicher Zelleib im Schlamme der Gewässer umherrollt. An ihrer klebrigen Oberfläche bleibt ein anderes mikroskopisches Lebewesen hängen. Alsbald beginnt der weiche Zelleib zu Fortsätzen auszufließen, die die Beute umschließen. Nun ist sie so vollständig umschlossen, daß sie im Innern des Amöbenleibs liegt, dessen weiche Masse über der Beute zusammengeschlagen ist wie Schlamm über einem versinkenden Stein (Abb. 79). Im Innern des Leibes wird dann die Nahrung mit einem Trop-

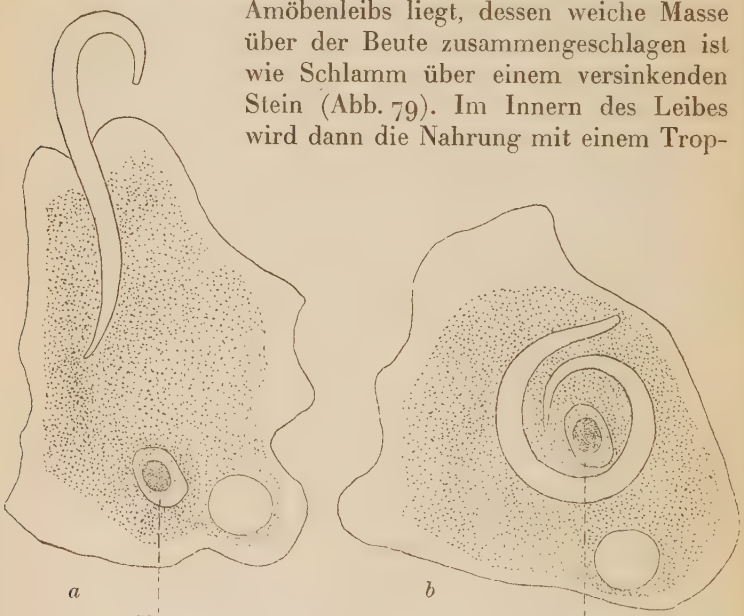


Abb. 79. Amöbe, einen Fadenwurm verzehrend.

fen Verdauungssaft umhüllt und verdaut. Unverdauliche Reste werden aber irgendwo an der Körperoberfläche wieder hinausbefördert.

Bei diesem und ähnlichen Lebewesen fehlt also der Darm, weil sie noch auf zu niedriger Stufe stehen. Es gibt aber auch ziemlich hoch entwickelte Tiere ohne Darm. Das hat aber seine besondere Bewandtnis; es sind nämlich, bis auf eine Ausnahme, Schmarotzer, die ja fertig verdaute Nahrung von ihrem Wirt empfangen. Ein solches Wesen, dessen Nennung meist keine besondere Freude hervorruft, ist der Bandwurm. Da die Nahrung, von der sein Körper umspült ist,

bereits verdaut ist, so braucht er sie ja nur aufzusaugen und das besorgt er mit seiner ganzen Körperoberfläche, durch die die Nahrung direkt ins Gewebe dringt, wo sie verwandt wird. Ein hübscheres Beispiel, schöner, weil es uns den Zusammenhang mit der schmarotzenden Lebensweise zeigt, ist ein gar merkwürdiges Tier, das niemand, der es zum ersten Male sieht, ohne weiteres für ein Tier ansprechen würde. Wenn man am Meeresstrande Krabben sammelt, so

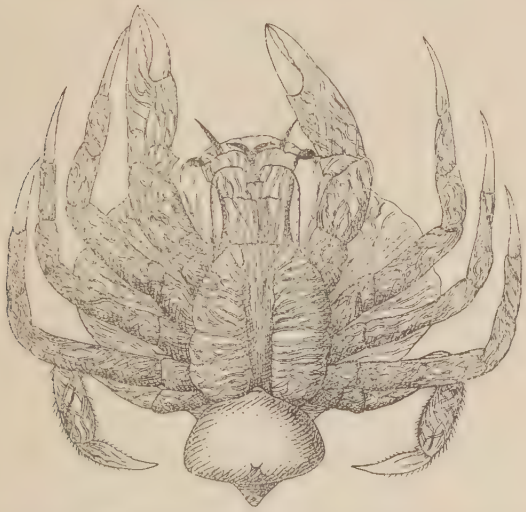


Abb. 80 a. Krabbe mit einer schmarotzenden Sacculina am Hinterleib, durchsetzt von deren Saugfäden.

finden sich gewiß auch einige darunter, an deren Bauch ein rundlicher Klumpen hängt, der zunächst wie ein Geschwür aussieht (Abb. 80 a). Seine genauere Untersuchung lehrt aber, daß es sich um einen tierischen Schmarotzer handelt. Von dem Sack, der hauptsächlich mit Geschlechtsorganen angefüllt ist, gehen in die unglückliche Krabbe Wurzelfäden hinein, fast wie Pflanzenwurzeln, die alle Organe der Krabbe umspinnen und ihre Säfte als Nahrung für den darmlosen Schmarotzer aufsaugen. Hier wird nun der Zusammenhang der Darmlosigkeit des Tieres — wie auch all seiner anderen

Besonderheiten — mit dem Schmarotzerdasein besonders deutlich, denn jedes dieser absonderlichen Wesen war in seiner Jugend ein im Meer umherschwimmendes Krebschen (Abb. 80 b), das sich dann später an einer Krabbe festheftet und unter Verlust seiner Krebsgestalt und seiner Krebsorgane, dabei auch des Darms, auf allerlei verwickelten Umwegen sich in jenen schmarotzenden Wurzelsack verwandelt.

Nun sei auch noch die Ausnahme von der Regel genannt, daß darmlose Tiere Schmarotzer sind. Es bäumt sich allerdings mein männlicher Stolz dagegen, sie zu nennen, aber der Wahrheit die Ehre! Bei einigen Tierformen, gewissen Würmern und Krebsen, gibt es die absonderliche Einrichtung der Zwergmännchen. Während die Weibchen normal gebaut und im Besitz aller Organe sind, sind die Männchen kleine Kümmerwesen, die zu nichts gut sind als zur Fortpflanzung und bald darauf sterben (Abb. 81). Da sie aber doch nicht lange genug leben, um einen Darm zu brauchen, so entwickelt sich ein solcher gar nicht. Gewissermaßen zum Trost für die männlichen Leser sei aber hinzugefügt, daß es auch Tiere gibt, die in beiden Geschlechtern darmlos sind und sich nicht zu ernähren vermögen. Das sind die so viel besungenen Eintagsfliegen, die nach einem Jahre währenden Larvenleben an einem warmen Sommerabend ausschlüpfen, über dem Wasser ihren Liebestanz aufführen und, nachdem sie sich fortgepflanzt haben, nüchtern sterben.

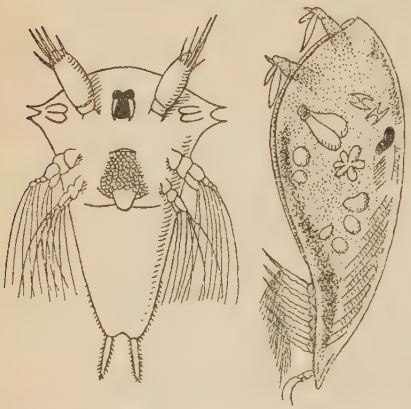


Abb. 80 b. Zwei verschieden alte Larven der Sacculina, die vor ihrer Festsetzung wie andere Krebslarven aussehen.

Überfluß an verdauter Nahrung und besondere Lebensverhältnisse machten in den genannten Fällen das Vorhanden-

sein eines Darms überflüssig. Noch eine andere Ursache kann erst verstanden werden, wenn wir wissen, warum die Pflanzen keinen Darm haben. Wer recht aufmerksam gelesen hat, was wir über die Quelle der Muskelkraft erzählten, der weiß wohl schon die Antwort. Denn da wurde bereits der so grundsätzliche Unterschied zwischen tierischer und pflanzlicher Ernährungsweise besprochen. Wozu braucht das Tier seinen Darm? 1. Um geformte Nahrung in Gestalt anderer Tiere und Pflanzen aufzunehmen; 2. um dies Futter zu verdauen. Verdauen aber bedeutet, wie wir schon früher lernten, die Nahrungsstoffe mit Hilfe von Enzymen so zu zerlegen, daß einfachere lösliche Stoffe entstehen, die in die Körpersäfte

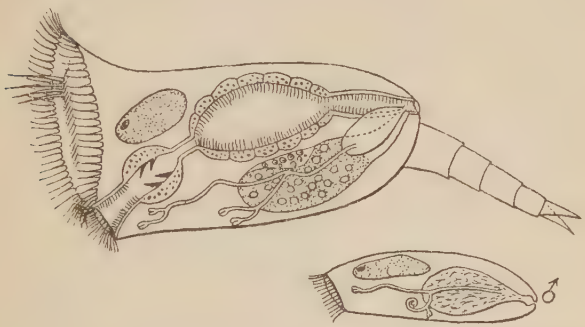


Abb. 81. Oben weibliches Rädertier, unten Zwergmännchen.

aufgesaugt werden können. Die Pflanze aber nimmt weder geformte Nahrung auf, die gefressen werden müßte, noch braucht sie verwickelte Stoffe erst in einfachere, lösliche zu zerlegen, um sie zur Aufnahme in ihre Körperzellen vorzubereiten. Denn sie besitzt ja die uns bereits bekannte Fähigkeit, die allereinfachsten Stoffe der Natur, die Salze des Bodens, das Wasser des Himmels, die Gase der Luft aufzunehmen und daraus selbst all die verwickelten Stoffe aufzubauen, von denen das Tier sich allein ernähren kann, nämlich Eiweiß, Stärke, Fett. Wir ahnen schon, welche Zwischenfrage jetzt kommt: Im Treibhaus zeigt man uns doch die fleischfressenden Pflanzen aus tropischen Ländern und als gute Naturbeobachter wissen wir auch, daß es bei uns solche,

wenn auch nicht so auffallende gibt, die Fliegenfalle und den Sonnentau (Abb. 82). Eine ganz richtige Frage. Das sind in der Tat merkwürdige Ausnahmen — andere finden sich, wie

Abb. 82. Verschiedene insektenfressende Pflanzen.
Oben Kannenpflanze, links Fliegenfalle, rechts Sonnentau.

zu erwarten, bei Schmarotzerpflanzen — Pflanzen, die wirklich einer Verdauung mit Hilfe von Enzymen fähig sind. Bei manchen von ihnen wäre man sogar fast versucht, von einem Darm zu sprechen. Das sind die berühmten Kannenpflanzen,

an denen die seltsamen, pfeifenkopfartigen Kannen hängen, gefüllt mit einer Flüssigkeit, die nichts anderes ist als Verdauungssaft, in dem das hineinstürzende Insekt wie in einem Darm verdaut wird. Diese Ausnahmen nun führen zu den tierischen Ausnahmen, die deshalb keinen Darm benötigen, weil sie sich wie Pflanzen ernähren, oder, richtiger gesagt, sich scheinbar wie Pflanzen ernähren. Es zeigt sich nämlich, daß solche Tiere eine Art von Bündnis mit mikroskopisch kleinen grünen Pflänzchen geschlossen haben. Diese erfüllen die Zellen ihres tierischen Bundesgenossen und geben an ihn von der Nahrung ab, die sie selbst auf pflanzliche Weise aufbauen. Angenehme Mieter, nicht wahr?

2.

Kehren wir nun nach dieser Abschweifung wieder zur ersten Stufe des Ernährungsvorganges, zu Erwerb und Aufnahme der Nahrung, zurück. Es ist so naheliegend, auch hier menschliche Verhältnisse als Vergleich heranzuziehen. Da sehen wir, daß selbst die niedrigsten Volksstämme sich Werkzeuge oder Waffen anfertigen, ihre Nahrung zu erlegen. Denn ich weiß nicht, ob jener Indianerstamm wirklich lebt, von dem es heißt, daß er das Wild im Lauf erjagt und mit den Händen erwürgt. Im Tierreich aber ist die Anfertigung von Jagd- oder Fanggeräten etwas sehr seltenes. Wohl webt die Spinne ihr Netz, in dem die Fliegen sich verstricken, wohl baut der Ameisenlöwe seinen glatten Sandtrichter, in den die Ameisen hinabpurzeln, direkt in den Rachen des Jägers (Abb. 83, 84), aber das sind doch nur Ausnahmen. In der Regel sind vielmehr die Fangwerkzeuge Teile des tierischen Körpers, die die Beute zu fassen, zu töten und irgendwie dem Munde zuzuführen vermögen. Die Mannigfaltigkeit dieser Einrichtungen ist eine außerordentliche und ihre Ausbildung zur Bewältigung einer bestimmten Art von Beute höchst vollkommen.

Da interessieren uns zunächst Apparate, die ähnlich arbeiten, wie die menschlichen Waffen, Pfeile, Speere, Angeln. Wer scharf zusieht, mag gelegentlich an Wasserpflanzen im

Teich festgeheftete kleine, etwa zentimeterlange Lebewesen finden, die man als Süßwasserpolypen bezeichnet (s. Abb. 136). Nehmen wir sie nach Hause und beobachten sie unter dem

Abb. 83. Sandtrichter des Ameisenlöwen, von oben aufgenommen.

Abb. 84. Durchschnitt durch den Sandtrichter des Ameisenlöwen.

Mikroskop! Da sehen wir einen schlauchförmigen Körper, der an einem Ende an der Wasserpflanze festgeheftet ist und am freien Ende den Mund zeigt. Rings um den Mund

wachsen aber aus dem Körper eine Anzahl langer Fäden, die wie die malerischen Zweige einer Trauerweide herabhängen. Nun kommt ein winzig kleines Wasserkrebschen angeschwommen und berührt einen der Fäden. Da zuckt es plötzlich zusammen und hängt bewegungslos am Fangfaden. Was hat sich da ereignet? Das Mikroskop zeigt uns, daß die Haut des Fadens ganz erfüllt ist von winzigen hellen Bläschen, in derem Innern ein Fädchen aufgerollt liegt (Abb. 85). Wird nun der Fangfaden durch das Krebschen gereizt, so explodieren plötzlich diese Bläschen und schleudern mit großer Kraft den Faden heraus, der wie ein Pfeil die Haut des Krebschens durchbohrt. Das Fädchen aber ist in Wirklichkeit ein unendlich feines Röhrchen und die Blase ist mit einem Gift gefüllt, das durch das Röhrchen in den Krebskörper einfließt und ihn lähmt. Ist dies geschehen, dann ziehen sich die Fangfäden vermittels Muskelchen in ihrem Innern zusammen und stopfen die Beute in den Mund.

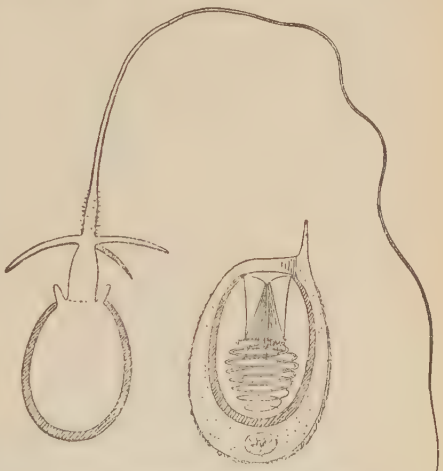


Abb. 85. Nesselkapseln eines Süßwasserpolypen, rechts in Ruhe, links ausgeschleudert.

Ähnliche Fangarme, die die Beute greifen und zum Mund befördern, erfreuen sich im Tierreich einer großen Beliebtheit und können sich unter Umständen zu furchtbaren Waffen entwickeln. Wer hat nicht schon die Schauermärchen von den riesigen Polypen des Meeres gehört, die mit ihren Fangarmen ganze Boote in die dunkle Tiefe hinabziehen? Dies gehört nun zwar in das gleiche Gebiet wie die Seeschlange. Aber man versteht den Ursprung solcher Märchen, wenn man einmal einen einigermaßen großen Vertreter die-

ser Gruppe beobachtet hat. Wir meinen nicht jene Riesen unter den Kraken, die noch kein Mensch lebend gesehen hat, die nur selten einmal aus der Tiefe des Weltmeeres heraufgespült werden und deren viele Meter lange, baumstarke Arme auch noch im Museum uns gehörigen Respekt ein-

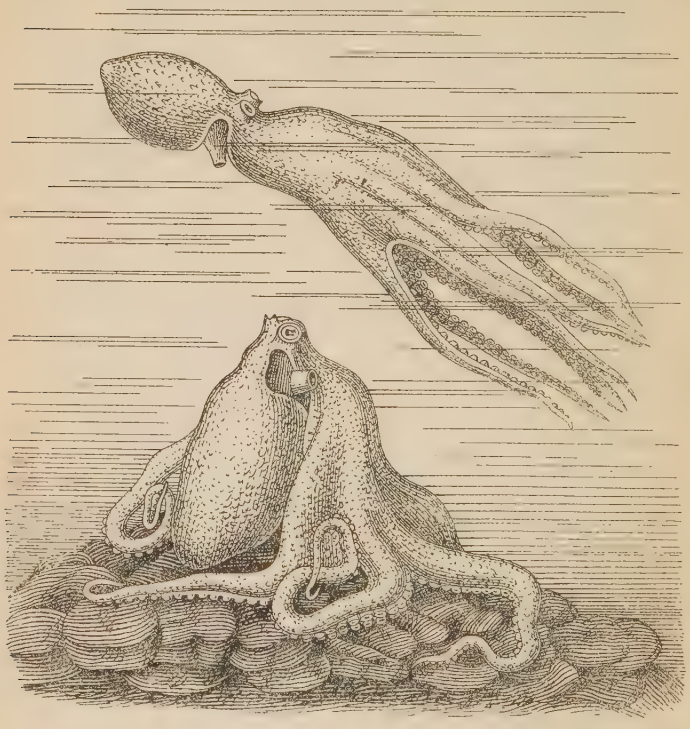


Abb. 86. Krake, sitzend und schwimmend.

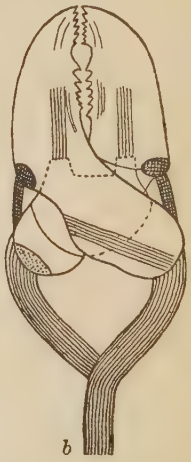
flößen. Sondern wir denken an ihre bescheidenen Vettern, die man in Seewasseraquarien sehen kann (Abb. 86). Da kauern sie in all ihrer Häßlichkeit in einer Ecke, boshaft aus ihren großen Augen blickend und wir können in Ruhe ihre ausgebreiteten Fangarme besichtigen. Über und über sind sie mit napfförmigen Warzen bedeckt, Saugnäpfen, die sich durch die Tätigkeit ihrer Muskeln mit furchtbarer Kraft an

Gegenstände ansaugen können. Was sie gepackt haben, kommt nicht so leicht wieder los und wird dem gefräßigen Maul zugeführt. So dienen die Fangarme, die natürlich anatomisch gar nichts mit unseren Armen und Händen gemein haben, als Waffen zum Erlegen der Beute und zugleich als Eßbesteck. Diese Tatsache möchte vielleicht manches Kind erfreuen, das nicht einsehen kann, warum es nicht mit den Fingern essen soll. Eigentlich ist das auch schwer einzusehen; es ist doch nur wenige Jahrhunderte her, daß Fürst wie Bettler zum Essen die Naturgabel benutzten. Noch heute gibt es ganze Völker, durchaus keine „Wilden", die kein anderes Eßbesteck kennen. Ich erinnere mich mit Vergnügen an ein sundanesisches Festessen, dem ich als Ehrengast beiwohnen durfte. Die Festtafel war auf dem Fußboden gedeckt, und zwar mit riesigen Blättern aus dem nahen Urwald. Darauf standen die Speisen, jede auf einer besonderen Blattsorte aufgetischt und für jeden Gast gesondert und als Hauptstück Reis, der zuckerhutförmig gepreßt und von einem Körbchen überdeckt war. Dann hockten die männlichen Teilnehmer in zwei langen Reihen vor den Herrlichkeiten nieder, dahinter die Frauen, die das Mahl bereitet hatten, aber nur zuschauen durften. Dann begann ein alter Mann, am gelben Turban als heiliger Mekkapilger kenntlich, ein unendlich langes Gebet herunterzusingen, bis bei einem bestimmten Wort ein jeder Gast das Körbchen von seinem Reisberg hob, mit schnellem Griff eine Handvoll Reis packte und in den Mund schob. Dann ging das Verzehren der gewaltigen Massen mit beiden Händen lautlos vor sich und in wenigen Minuten war das ganze Fest vorüber.

Eigentlich wollte ich nun aber nicht von Menschen erzählen, die mit den Fingern essen, sondern von Tieren, die sozusagen mit einem Besteck essen, wenn dies auch einen Teil ihres Körpers bildet. Die Art des Bestecks ist aber die gleiche wie die älteste und appetitlichste Form menschlicher Eßinstrumente, die Eßstäbchen der Chinesen. Deren Wesen ist es, daß zwei Holzstäbchen so durch die Muskeln der Hand gegeneinander bewegt werden, daß sie wie eine Zange oder Pinzette wirken, und ich kann versichern, daß es keine an-

genehmere und reinlichere Art zu essen gibt. Solcher Zangen mit zwei (oder mehr) beweglichen Gliedern bedienen sich zur Nahrungsaufnahme die Seesterne und Seeigel, die einem jeden bekannt sind, der einmal am Meeresstrand weilte. Der Körper dieser Tiere ist, außer mit den Stacheln, die den Namen Seeigel verschulden, mit merkwürdigen Bildungen von zwei Arten bedeckt. Die eine sind dünne Schläuche, die man als Saugfüßchen bezeichnet. Sie sind nämlich ähnlich wie die Saugnäpfe der Kraken imstande, sich durch besondere Muskelwirkung an Gegenständen festzusaugen. Die andere sind die ebenfalls zu vielen Hunderten vorhandenen

a



b

Abb. 87. *a* Ein Stückchen der Oberfläche eines Seesterns mit auf erhöhten Rosetten sitzenden Gruppen geöffneter Greifzangen. *b* Eine einzelne Greifzange mit ihren Muskeln.

Freßzangen, die wir den Eßstäbchen verglichen (Abb. 87). Kommt nun ein Beutetier, etwa ein Meereswurm, ein Krebs, ja, sogar ein Fisch nahe, so zwicken alsbald die winzigen Zangen zu und schnell heften sich auch die Saugfüßchen an und halten das Tier unentrinnbar fest. Nun wird es von den Zangen weitergeschoben, indem immer neue anpacken und die anderen loslassen, bis die Beute zum Mund befördert ist nach Art der Beförderung von Feuereimern in einer Menschenkette. Bei dieser Gelegenheit mag denn auch erwähnt sein, daß die Seesterne nicht nur in der Benutzung der Eßzange ihre vornehme Erziehung verraten. Sie haben auch

sonst noch nette Passionen, nämlich das Verzehren von Austern. Dabei dienen ihnen als Austernöffner wieder jene Füßchen, die sich an beiden Schalen anheften und ziehen, bis die Auster klafft. Wie kann aber wohl ein solcher Seestern eine Auster verschlucken, oder gar einen Fisch, die größer sind als er selbst? Sehr einfach, er frißt, ohne zu verschlucken. Da die große Beute nicht durch die kleine Mundöffnung geht, so stülpt der Seestern seinen Magen zum Mund heraus, spuckt ihn gewissermaßen über das Beutetier, das ganz in Magen eingewickelt wird. Dann geht die Verdauung außerhalb des Körpers vor sich und wenn sie vollendet ist, wird der Magen wieder hinuntergeschluckt!

3.

Diese Zeilen schreibe ich in Amerika nieder, wo Austern sozusagen ein Volksnahrungsmittel sind. Da ist es naheliegend, an eine andere amerikanische Nationalleidenschaft zu denken, das Saugen von Eisgetränken aus Strohröhrchen. Das erinnert wieder an die zahlreichen Tierformen, die in Verbindung mit ihrem Mund solche Saugröhren entwickelt haben, um flüssige Nahrung aufzunehmen. Am verbreitetsten finden sich solche Instrumente im Reich der Insekten, wie ein jeder schon am eigenen Leib erfahren hat, sei es in der Form von Schnaken oder gar von Wanzen und Läusen. Aber nicht nur diese blutgierigen Gesellen bedienen sich solcher Röhren, sondern auch die Blattläuse, die süßen Pflanzensaft einschlürfen und die Schmetterlinge, die sich am Nektar der Blüten gütlich tun. Wollten wir uns die Mühe nehmen, die Saugröhrchen näher zu betrachten, so könnten wir wieder die eigenartigsten Dinge über die so oft besprochenen Anpassungen lernen. Wir könnten von Schmetterlingen hören, deren außerordentlich langer Saugrüssel genau in die tiefen Blütenröhren bestimmter Blumen hineinpaßt. Wir könnten sehen, wie die Blutsauger außer dem Röhrchen auch noch Sägen und Bohrer besitzen, um die Haut des Opfers zu durchschneiden. Wir könnten diese nahrungsaufnehmenden Teile dann auch von dem Gesichtspunkt aus betrachten, der

uns früher die Gehörknöchelchen so interessant erscheinen ließ. Dann möchten wir sehen, daß alle Insekten an ihrem Kopf eine ganz bestimmte Zahl von Anhängen besitzen, die bei der Nahrungsaufnahme helfen und Mundgliedmaßen genannt werden. Unschwer könnten wir dann feststellen, daß sie ganz verschiedenartig aussehen, je nachdem sie zum Beißen, Stechen, Saugen, Lecken verwandt werden (Abb. 88). Der Vergleich aber würde uns lehren, daß es der gleiche Teil ist, der einmal die Form eines Bohrers oder einer Säge, ein andermal die einer beißenden Zange oder einer leckenden Zunge, oder eines saugenden Rohres hat. Genau wie bei den Gehörknöchelchen kämen wir dann zu der Einsicht, daß derselbe ursprüngliche Teil im Lauf der Entwicklung der Tierwelt sich umformen kann, zu ganz andersartigen Aufgaben befähigt wird; der Vergleich aber läßt uns die Gleichwertigkeit scheinbar so verschiedenartiger Bildungen erkennen. Wie gesagt, über all dies ließe sich vieles erzählen, besonders, da wir doch gerade von den Werkzeugen der Nahrungsaufnahme reden. Wir haben es uns nun aber einmal zur Gewohnheit gemacht, ruhig am Weg haltzumachen, wenn sich eine schöne Aussicht bietet, ja, einen kleinen Umweg nicht zu scheuen. So können wir auch jetzt, da wir schon einmal von jenen kleinen Plagegeistern des Menschen reden, der Verlockung nicht widerstehen, ein wenig abzuschweifen und zu hören, welches Unheil sie, nur so nebenbei, bei ihren Blutmahlzeiten anzurichten vermögen.

Es ist noch gar nicht so lange her, daß man die Stiche von Schnaken, Wanzen, Läusen, Zecken als eine harmlose Unannehmlichkeit betrachtete. Heute weiß man, daß, hauptsächlich in warmen Ländern, einige der schlimmsten Krankheiten von Mensch und Tier, wie Malaria, Rückfallfieber, Schlafkrankheit, Rinderpest mit dem Stich der Blutsauger übertragen werden. Diese Krankheiten sind nämlich Blutkrankheiten, hervorgerufen durch unendlich kleine Lebewesen aus einer Gruppe der uns schon bekannten einzelligen Tiere, die in den Zellen des Blutes schmarotzen und durch die Zerstörungen, die sie da anrichten, Krankheit und Tod herbeiführen. Wenn das blutsaugende Insekt seine Mahlzeit

hält und an Mensch oder Tier saugt, die in ihrem Blut solche Schmarotzer enthalten, dann gelangen sie natürlich mit dem getrunkenen Blut in den Insektendarm. Hier werden sie aber nicht etwa verdaut, sondern durchlaufen allerlei besondere Lebensprozesse, die sie schließlich in die Wand des Darmes führen. Hier, aber auch an anderen Körperstellen finden dann allerlei weitere Entwicklungsprozesse statt, deren Erfolg es ist, daß aus einem Schmarotzer Tausende von Schmarotzerkeimen entstehen. Diese aber finden allmählich ihren Weg in die Saugröhre des Insektes. Sticht ein solches dann wieder einen gesunden Menschen, so spritzt es mit dem Gift, das es in die Stichwunde einträufelt, auch die Schmarotzerkeime ins Blut und der Gestochene erkrankt. So sind denn diese natürlichen Saugröhrchen weit weniger harmlos als der Vergleich mit den Eisröhrchen glauben machen könnte. Nur gut, daß die Naturforscher früher oder später hinter all diese Schliche kommen und damit der geplagten Menschheit den Weg zeigen können, sich zu schützen.

4.

Irgendwo in fernen Landen — ich vermag mich wirklich nicht mehr zu entsinnen, wo es war — beobachtete ich einmal arme Fischer in einem Flußbett, die mit großen Sieben Sand schöpften und durch das Sieb laufen ließen, um hier und da eine kleine eßbare Schnecke oder einen Wurm zu finden. Eine ganz ähnliche Art des mühsamen Nahrungserwerbes ist es, auf die ganze Tiergruppen einzig und allein angewiesen sind. Allerdings haben sie die Einrichtungen zum Durchsieben der Umgebung, nämlich des Wassers, oft zu ganz außerordentlicher Vollkommenheit ausgebildet. Unter den einfachen Bewohnern des Meeres, die die meisten Leser wohl kaum zu Gesicht bekommen und anderenfalls auch kaum als Tiere erkennen möchten, gibt es viele, die auf dem Meeresgrund festgewachsen, tagaus, tagein das umgebende Wasser durch ein Sieb pumpen, in dem dann kleine Lebewesen hängenbleiben. Nun, solch fremdartigen Geschöpfen traut man wohl alles zu! Aber überraschender klingt es wohl

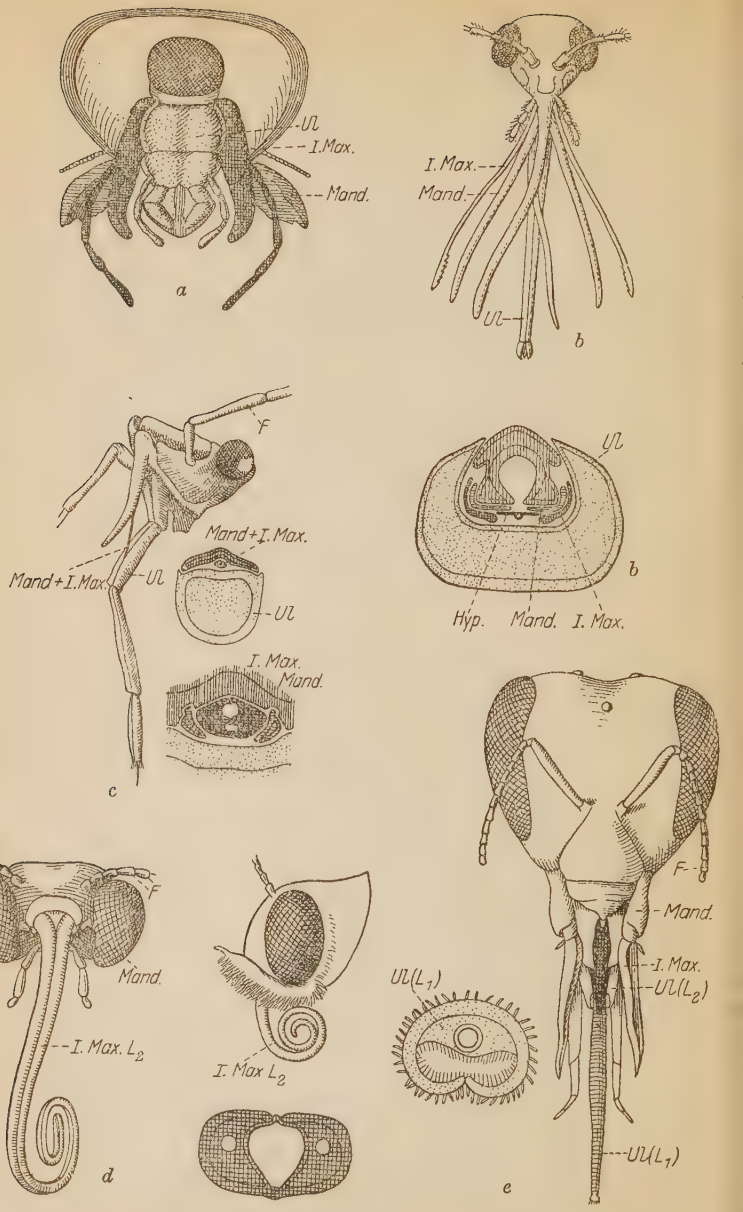


Abb. 88. (Erklärung siehe S. 187 unten.)

manchem, daß auch zahlreiche Fischarten ihre gesamte Nahrung auf solche Weise erwerben; ja, dazu gehören auch die größten aller lebenden Säugetiere, gewisse Walfischarten.

Ein durch das Wasser ziehender Karpfen öffnet und schließt unaufhörlich sein Maul und schluckt dabei Wasser ein. Warum, wissen wir bereits. Das Wsaser tritt durch den Mund zu den Kiemen, wo ihm der Atemsauerstoff entnommen wird und strömt dann unter dem Kiemendeckel wieder aus. Aber das scheinbar so klare Wasser von Teich und Seen wimmelt von Myriaden winzig kleiner und glashell durchsichtiger Lebewesen, die auf- und niedersteigen und von den Fluten umhergetrieben werden, der Hauptmasse nach Krebschen und winzige Pflänzchen. Von ihnen aber werden einige mit jedem Schluck Wasser eingeschluckt. Wenn das Wasser nun durch die Kiemen abfließt, tritt es durch Spalten in der Wand des Schlundes nach den weichen, blutreichen Kiemenfäden unter dem Kiemendeckel, denselben Fäden, nach deren Rötung die tüchtige Hausfrau schaut, um festzustellen, ob der Fisch frisch ist. Jene Spalten im Schlund sind aber bei Fischen, deren Hauptnahrung jene winzigen Wesen, das sogenannte Plankton, darstellen, mit Dornen und Spitzen bedeckt, die insgesamt die Spalten in ein Sieb umwandeln (Abb. 89), durch das zwar das Wasser abfließt, in dem aber die Krebschen hängenbleiben, um dann verschluckt zu werden. Ein Fischkenner ist geradezu imstande, aus der größeren oder geringeren Feinheit des Siebes auf die Nahrung der betreffenden Fischart zu schließen. Das gewaltigste Sieb aber, das in der Natur benutzt wird, ist doch das Maul der Walfische aus der Gruppe der Bartenwale. In jeder zoologischen Sammlung kann man wohl ein Walfischskelett bewundern,

Abb. 88. Mundwerkzeuge verschiedener Insekten. *a* einer Grille mit beißenden Mundteilen. *b* einer Mücke mit stechenden Mundteilen, die einzeln auseinandergelegt sind; darunter ein Querschnitt durch den ganzen Rüssel mit den darin liegenden einzelnen Teilen. *Mand.* Oberkiefer. *I. Max.* Unterkiefer. *Ul.* Unterlippe. *c* einer Wanze, von der Seite gesehen, ebenfalls darunter Querschnitt. *d* Saugende Mundteile eines Schmetterlings, links der Rüssel auseinandergerollt, darunter im Querschnitt. *Mand.* Oberkiefer. *I. Max.* Unterkiefer. *Ul.* Unterlippe.
Leckende Mundteile. *e* einer Biene. Daneben der Querschnitt der Unterlippe. *Mand.* Oberkiefer. *I. Max.* Unterkiefer. *Ul.* Unterlippe.

an dem neben der Massigkeit nichts mehr auffällt als die ungeheuren Kiefer. Wer das Glück hatte, einen solchen Riesen lebend zu sehen, weiß, daß diesen Kiefern auch ein Maul entspricht, das fast so groß ist als der Rest des Tieres. Von den zahnlosen Oberkiefern nun hängen — bei den Skeletten in den Museen fehlen sie meistens — in dichten Büscheln die Barten herab, Fäden, die, wenn in den Handel gebracht, Fischbein genannt werden und die ganz ähnlich ausschauen wie die Reisigbündel, über die in manchen Salinen das Salzwasser läuft. Das ungeschlachte Tier folgt nun auf seinen Wanderungen den Zügen kleiner Fische und schwimmender Meeresschnecken, von denen es Massen mit einem Schluck aufnimmt; im Maul werden sie dann sauber an den Barten abgeseit, durch die das Wasser abläuft. Sicher eine ideale Einrichtung, um zu ermöglichen, daß solche Riesen von winzig kleinen Schnecken leben können.

Merkwürdig, wie in der Natur auch alles vorkommt, was man sich ausdenken kann: hier Tiere, die mit prachtvollen Hilfsmitteln die Nahrung aus der Umgebung aussieben, dort aber solche, die das entgegengesetzte tun, nämlich wahllos ihre Umgebung auffressen, und es dann dem Darm überlassen, das Brauchbare daraus zu verdauen. Wenn wir zum Vergleich an den berühmten Reisbreiberg des Schlaraffenlandes denken, so müssen wir ihn, um solchen Tieren gerecht zu werden, uns so vorstellen, daß er aus Erde besteht, der hier und da ein Reiskorn eingemengt ist. Sich da hindurchzufressen, erschiene uns wohl nicht als ein Schlaraffenleben. Es gibt jedoch eine ganze Anzahl von Tierformen, sowohl im Sandboden des Meeres als auch in der Erde, die zum mindesten einen Teil ihrer Nahrung so erwerben. Sie fressen sich durch die Erde und den Sand hindurch, und ihr Darm verdaut dann, was er Genießbares zwischen den Sandkörnchen findet und befördert die Erde wieder hinaus. Zu dieser Gruppe gehört auch ein allgemein bekanntes Tier, der Regenwurm. Der frißt nun allerdings auch verfaulte Blätter und ähnliche Leckerbissen. Außerdem aber schluckt er beim Graben seiner Röhren dauernd Erde hinunter, die durch seinen Darm hindurchwandert, wobei alles Genießbare heraus

verdaut wird, eine Tätigkeit, die übrigens selbst von unserem egoistischen Menschenstandpunkt aus höchst nützlich ist. Denn die im lockeren Ackerboden in Massen lebenden Würmer lassen allmählich die ganze fruchtbare Erde durch ihren Darm wandern. Dabei nimmt sie die Exkremente der Würmer auf, die den Boden düngen, so daß tatsächlich die verachteten Würmer mit Pflügen und Düngen einen großen Teil der Arbeit des Landmannes leisten: man konnte direkt aufzeigen, daß ein Boden mit Regenwürmern fruchtbarer ist als ohne sie.

Wie schon gesagt, die Einrichtungen zu Fang und Aufnahme der Nahrung im Tierreich sind unerschöpflich und ein

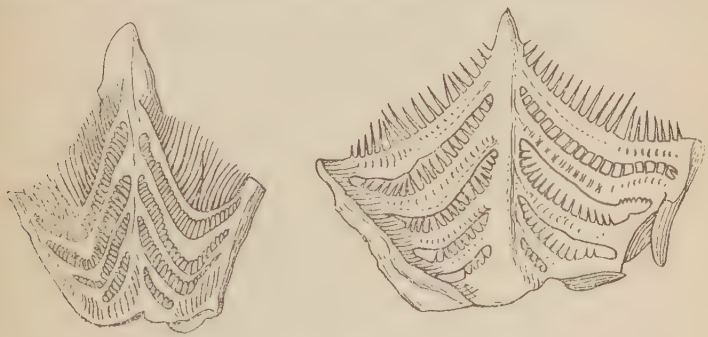


Abb. 89. Kiemenfilter eines Felchen.

jeder, der nicht gerade ein unverbesserlicher Stubenhocker ist, kennt noch manche andere, als bisher besprochen wurden. Er hat den Frosch seine Zunge gleich einer Fliegenklatsche herausklappen sehen, um eine Mücke zu fassen, hat den Specht mit seiner lanzenförmigen Zunge einen Käfer spießen sehen, vielleicht auch beobachtet, wie ein Chamäleon im Terrarium mit langer, stempelförmiger Zunge, die es weit herausschleudert, eine Fliege spießt (Abb. 90). Wer es aber noch nicht gesehen hat, benutze eine sich bietende Gelegenheit. Mir aber möge er erlauben, nur noch von einem zu berichten, das sich auf die Nahrungsaufnahme bezieht, nämlich von der Vorbereitung zur Verdauung.

Wir wissen ja bereits, daß es sich bei der Verdauung

darum handelt, die Nahrungsstoffe in eine lösliche Form überzuführen durch die Einwirkung der Verdauungssäfte. Es ist klar, daß das leichter geht, wenn die Nahrung so ver-

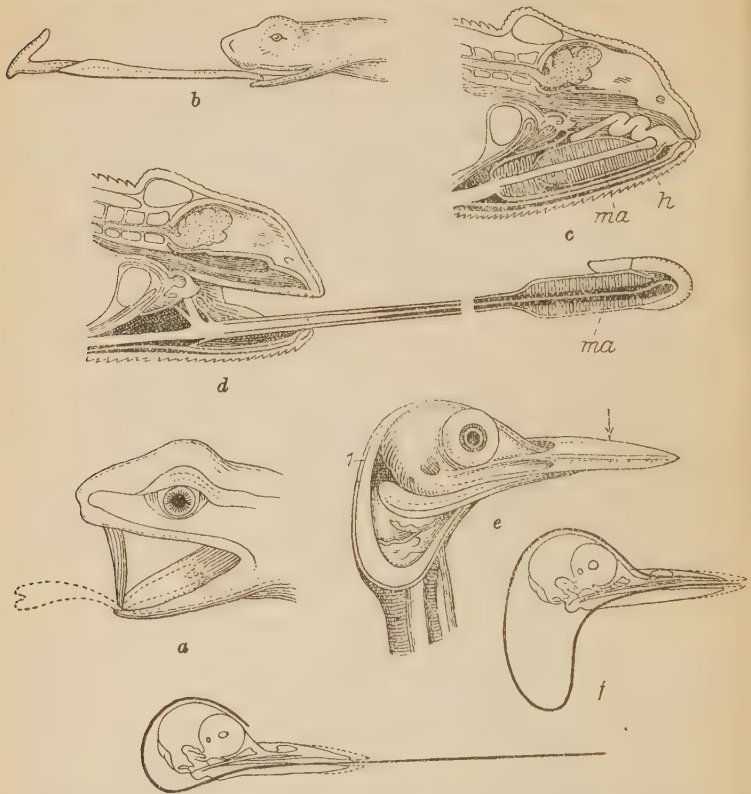


Abb. 90. Vorschnellbare Zungen: *a* eines Frosches; *b* eines Höhlensalamanders. *c* Schnitt durch den Kopf eines Chamäleons, mit Zunge in Ruhelage. *h* Knorpel, *ma* Muskel. *d* desgleichen mit der vorgeschnellten Zunge, die nicht in ihrer ganzen Länge dargestellt ist. *e* Kopf des Spechtes mit dem um den Kopf geschlungenen Zungenbein *1*. *f* Darstellung des ruhenden und vorgeschnellten Zungenbeins vom Specht.

kleinert wird, daß die Säfte sofort angreifen können; ebenso reibt der Chemiker, der ein Gestein untersuchen will, es erst in einem Mörser zu Pulver. Sodann aber ist der verdauliche Teil der Nahrung oft von Unverdaulichem ein-

geschlossen, von Schalen, Haut, Haaren und pflanzlichen Hüllen. Werden diese erst zertrümmert, so liegt der verdauliche Teil leicht dem Angriff der Enzyme offen. Allerlei Einrichtungen dienen daher diesem Zweck, wo sie benötigt sind. Tiere etwa, die Blut saugen oder sich von winzigen Lebewesen ernähren, bedürfen ihrer nicht. Aber auch gar manche, die recht große Bissen verschlucken, haben einen so leistungsfähigen Magen, daß sie ihre Nahrung mit Haut und

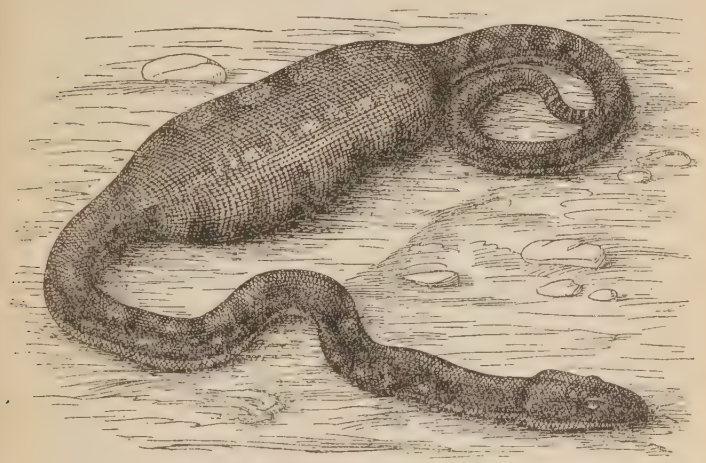


Abb. 91. Riesenschlange, die ein Wildschwein verschluckt hat.

Haaren verschlingen und doch verdauen. Vielleicht habt Ihr einmal in einem zoologischen Garten das widerliche Schauspiel einer fressenden Schlange beobachten können. Die Riesenschlange packt ein Kaninchen oder gar Zicklein, das viel größer ist als der Schlangenkopf und würgt es unter häßlicher Verzerrung ihrer gummiartig auseinander dehnbaren Kiefer hinunter, und deutlich sieht man langsam den dicken Knoten den Hals hinunterwandern. Noch nach Wochen kann man den Knoten sehen und nur allmählich verschwindet er mit der langsam aber gründlich ablaufenden Verdauung (Abb. 91). Nicht viel anders schlingt die Eule Vögel und Mäuse hinunter, der Ochsenfrosch kleine Frösche, der Hai-

fisch seine Beute. Gewisse Seesterne, die Muscheln fressen, ohne sie, wie früher geschildert, außen zu verdauen, sind manchmal so vollgefressen, daß man beim Aufschneiden zunächst gar keine Eingeweide sieht, sondern nur eine reichhaltige Muschelsammlung. Gerade wie ich dieses niederschreibe, erhalte ich eine wissenschaftliche Zeitschrift mit einem Bericht über die Sektion eines gefangenen Zahnwals, des gefräßigen Vetters der harmlosen Bartenwale, dessen Magen die Spuren einer geradezu phantastischen Freßgier

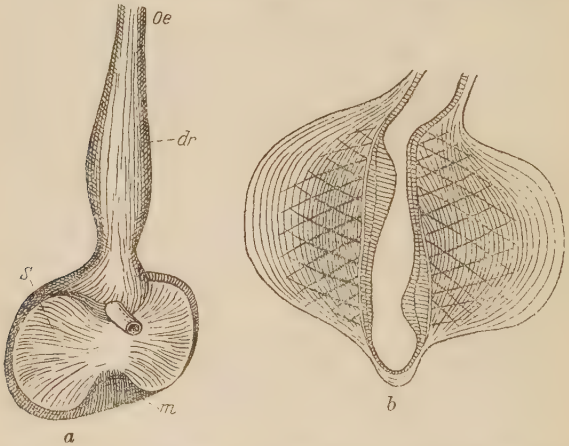


Abb. 92. *a* Magen eines Vogels. *Oe* Speiseröhre, *m* Muskelmagen, *dr* Drüsenmagen. *b* Schnitt durch den Muskelmagen, um die Dicke der muskulösen Wand zu zeigen.

zeigte. Er enthielt noch nahezu unangetastet 13 Delphine und 15 Seehunde, einen ganzen zoologischen Garten. Da hätte man sich wirklich nicht zu wundern brauchen, wenn man, wie es der Volksglaube will, auch ein Ruderboot mit Mannschaft gefunden hätte.

Diesen gierigen Fressern stehen auf der anderen Seite Tiere gegenüber, die sich zwar von viel kleineren Bissen ernähren, sie aber trotzdem gründlich zerkleinern. Da gibt es richtige Mühlen zum Zermahlen der Körnerfrüchte; die gegeneinanderreibenden Mühlsteine sind die Zähne körnerfressender Säugetiere, deren von flachen Leisten bedeckten

Mahlflächen ein vollkommenes Zerreiben ermöglichen. Aber auch wirkliche Mühlsteine gibt es. Jede Hausfrau weiß, daß der Magen körnerfressender Vögel mit Steinen gefüllt ist; dieser Magen ist aber tatsächlich nicht ein verdauender Magen, sondern eine Körnermühle, die an Stelle der fehlenden Zähne arbeitet. Die Wände des Magens sind mit mächtigen Muskeln versehen und ihre Tätigkeit reibt die vom Vogel verschluckten Mühlsteine gegeneinander (Abb. 92). Wie stark diese Mühle ist, geht daraus hervor, daß Glaskugeln im Vogelmagen leicht zu Pulver zerrieben und Eisenröhrchen abgeplattet werden. Andere Tiergruppen besitzen noch feinere Reibinstrumente als diese Körnermühlen. So führen die Schnecken in ihrem Mund eine fein gezähnte Feile oder Raspel, mit der sie die abgebissenen Blätter zerreiben. Doch damit sei es genug von der unerschöpflichen Fülle dieser Einrichtungen, die alle ja nur die Verdauung der Nahrung vorbereiten.

5.

Noch können wir uns nicht entschließen, den verschluckten Bissen endlich verdauen zu lassen. Denn es wäre schade, wenn wir das Kapitel des Nahrungserwerbes verließen, ohne wenigstens ein Wort von den Ernährungseinrichtungen der staatenbildenden Insekten gesprochen zu haben. Denn wo wir auch immer nach Verhältnissen suchen, die sich mit menschlichen Einrichtungen einigermaßen vergleichen lassen, immer treffen wir wieder auf diese Wesen, auf die Ameisen, Bienen, Termiten. Wieviel hat ein jeder schon von ihnen erzählen, wenn nicht fabulieren hören! Da hört man von den verschiedenen Ständen, von den Arbeitern, Soldaten, Königin und König und ihrer Anteilnahme an den Geschäften des Volkes. Da sind vor allem die Arbeiter oder richtiger gesagt, Arbeiterinnen, die die Bauten aufführen, die Jungen pflegen, die Nahrung suchen. Fressen sie, so fressen sie nicht nur für sich, sondern auch für alle anderen. Denn wer etwas Ordentliches gegessen hat, teilt es mit seinen Geschwistern, den Jungen im Stock, der Königin. Das klingt nun ja recht

merkwürdig, daß jemand erst ißt und dann teilt. Aber es ist wirklich so. Diese Insekten haben nämlich zwei Magen, die ganz gegeneinander abgeschlossen sind, einen Familienmagen und einen Privatmagen. Sammeln sie Honig oder andere Nahrung, so füllen sie sich den Familienmagen zum Platzen voll an, ohne daß etwas vom Futter in den Privatmagen hinübertritt. Die Hauptmasse aber geben sie dann zum allgemeinen Besten wieder her, indem sie sie herausbrechen. Die Biene füllt sie als Honigvorrat in die Waben; die Ameise

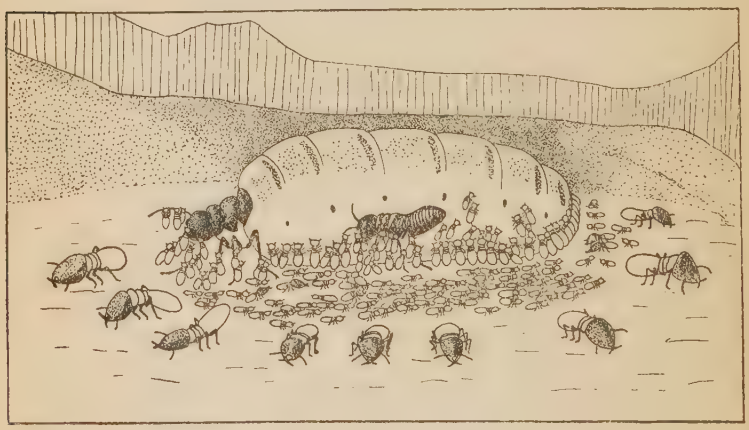


Abb. 93. Termitenkönigin in ihrer Kammer, von Arbeitern gepflegt und von Soldaten bewacht.

stellt sich im Nest auf und spuckt jeder hungrigen Genossin, die es wünscht, eine Portion in ihren Mund. Das gleiche tun die Termiten, die aber außerdem eine besonders große Portion für ihre Königin benötigen (Abb. 93). Das ist nämlich ein gar merkwürdiges Ding mit dieser Königin: ihr Hinterleib ist von der Überfülle der Eier so geschwollen, daß er als ein fast fingergroßer Sack erscheint, an dem vorn der Rest des Körpers wie ein Anhang baumelt. So liegt das hilflose Wesen in einer gemauerten Zelle des Termitenbaues, zu der nur winzige Öffnungen führen, in lebenslanger Gefangenschaft. Arbeiter gehen ein und aus, reinigen die Königin,

spucken ihr Futter in den Mund und tragen die Eier davon, die die Mutter des Stammes unaufhörlich legt.

Das Aufspeichern der Nahrung im Familienmagen hat nun bei gewissen Ameisenarten zu einer geradezu humorvollen Einrichtung geführt. Manche Individuen bilden sich nämlich zu lebenden Vorratskammern aus (Abb. 94). Ihr außerordentlich dehnbarer Familienmagen wird prall mit Vorräten vollgestopft, die die sammelnden Ameisen einbringen. Jene unglücklichen Geschöpfe aber hängen sich in der Wohnkammer

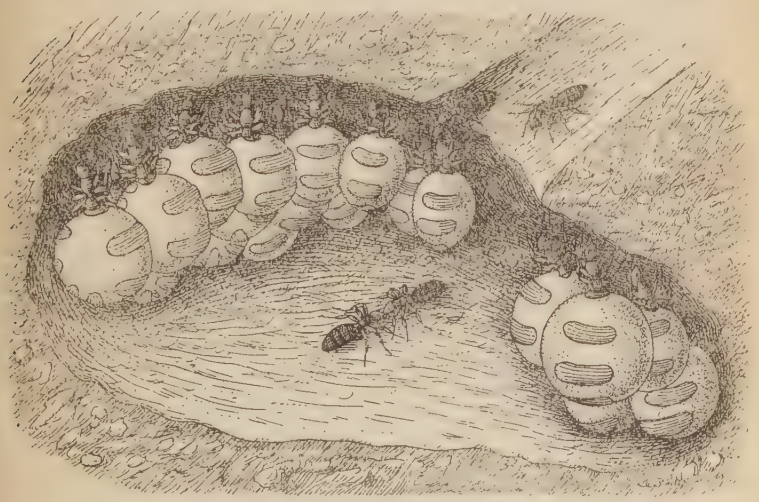


Abb. 94. Gewölbe im Nest der Honigtopfameise mit Honigtöpfen.

mit prall aufgefülltem Leib auf und sind nunmehr lebende Honigtöpfe, von denen sich die Vorübergehenden abzapfen und die immer wieder zum allgemeinen Gebrauch aufgefüllt werden. Nicht minder interessant ist es aber auch, zu erfahren, wo ein großer Teil der gespeicherten Ameisennahrung herkommt. Wieviel ist schon über den Ackerbau und Viehzucht der kleinen Emsen geschrieben worden. Man darf das natürlich nicht gar zu wörtlich nehmen und nun glauben, daß die Ameisen denken und handeln wie wir. Das sind ja nur Vergleiche aus dem täglichen Leben, mit deren

Hilfe wir die Dinge beschreiben, da wir nichts Richtiges vom Seelenleben der Ameisen wissen können. Also eine Lieblingsnahrung ist die Ausscheidung, die die Blattläuse aus ihrem After spritzen. Sie ist wohl manchem der Leser bekannt, der es einmal erfahren hat, was es heißt, in einem Blattlausjahr

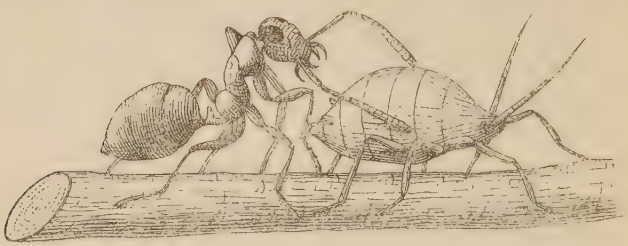


Abb. 95. Ameise, eine Blattlaus melkend.

unter einem Obstbaum zu liegen und den feinen Sprühregen über sich ergehen zu lassen. Diese Flüssigkeit ist nun sehr reich an Zucker, da die Blattläuse das ihnen zuströmende

Abb. 96. Aufgeschlagener Termitenbau mit Pilzkuchen in den Kammern.

Übermaß an Nahrung nicht sehr gründlich verdauen. Aus dem Grunde scheint es den Ameisen ein Leckerbissen. Diese besuchen nun regelmäßig die Läuse und bearbeiten sie mit ihren Fühlern, worauf die Laus einen Tropfen aus dem After langsam austreten läßt (nicht wie sonst ausspritzt), den dann die melkende Ameise aufsaugt (Abb. 95). Manche Ameisen

gehen dann schließlich so weit, daß sie sich Blattläuse, die an Wurzeln saugen, in ihren unterirdischen Nestern halten, sorgfältig pflegen und fast ausschließlich von dem Ertrag dieser ihrer „Kühe" leben. Das ist die berühmte Viehzucht. Nicht minder interessant ist aber der sogenannte Ackerbau, den gewisse südamerikanische Ameisen und die holzfressenden, zerstörungswütigen Termiten heißer Länder treiben. In ihrem Bau errichten sie sogenannte Mistbeete (Abb. 96). Bei den Ameisen sind es Haufen kunstgerecht bearbeiteter Blattstückchen, die sie mit ihren Kiefern auf Bäumen schneiden, bei den Termiten Kuchen aus zerkautem Holz. Auf diesen Beeten, die sie sorgfältig mit ihren eigenen Exkrementen düngen, wachsen Pilzfäden, aus denen eigentlich ein Hutpilz sich erheben sollte. Dessen Entstehung verhindern aber die Pfleger durch regelmäßiges Beschneiden und so bildet der Pilz kleine Knöllchen, die halb scherzhaft Kohlrabi genannt werden, die nun den kleinen Züchtern als Nahrung dienen. Man mag das mit menschlichen Handlungen vergleichen oder nicht, jedenfalls ist es bewundernswert.

6.

Nun wollen wir aber den Bissen, an dem wir schon beträchtlich lange gekaut haben, wirklich hinunterschlucken, um seine Verdauung zu verfolgen. Nun scheint mir gar, daß er zu trocken ist und uns im Hals steckenbleibt. Wir schlukken und schlucken und übergießen ihn mit Speichel, bis er endlich hinabrutscht. Es scheint fast, als ob wir nun immer noch nicht zur Verdauung kommen sollten. Denn mit dem Wort Speichel stoßen wir wieder auf etwas Neues, auf die Ausscheidung eines Körpersaftes, wohl die erste, die uns begegnet. Wir wissen wohl, daß „der Speichel uns im Munde zusammenläuft". Aber wo kommt er her? Untersuchen wir das, so zeigt sich, daß an verschiedenen Stellen in unsere Mundhöhle feine Röhrchen münden, und gehen wir ihnen nach, so entdecken wir, daß sie von recht ansehnlichen weichen Massen unter der Zunge, unter den Kiefern und nahe dem Ohr herkommen; das sind die Speicheldrüsen. Eine

Drüse nennen wir aber einen Körperteil, dessen Aufgabe es ist, etwas auszusondern, was der Körper braucht; ist es Speichel, so reden wir von einer Speicheldrüse, ist es Schleim, so haben wir eine Schleimdrüse, Verdauungssaft kommt aus einer Verdauungsdrüse, Schweiß aus einer Schweißdrüse, Stinkstoffe wie etwa beim Stinktier aus einer Stinkdrüse, Milch aus einer Milchdrüse, Wachs aus einer Wachsdrüse, fettige Stoffe aus einer Schmierdrüse. Das sind also schon gar wichtige Organe, die überall im Körper gebraucht werden und tausend wichtige Aufgaben haben.

Gar viele Tiere benutzen als wichtigsten Schutz eine Drüsenausscheidung. Im Seewasseraquarium sitzt ein Tintenfisch und wir nähern ein Netz, ihn einzufangen. Alsbald spritzt er eine schwarze Masse, die Sepia, aus, die das ganze Wasser färbt und ihn unsichtbar macht. Die Tintendrüse hatte diesen Stoff geliefert. Oder nimm einmal eine der häßlichen grünen Baumwanzen in die Hand oder einen goldschillernden Laufkäfer; alsbald bespritzen sie dich mit dem Produkt ihrer Stinkdrüsen, das dir alle Lust benimmt, den Versuch zu wiederholen. Oder wir betrachten die Ente, die ans Land steigt; sie braucht sich nicht erst in der Sonne zu trocknen, denn alles Wasser läuft sofort von ihrem Gefieder ab, wie etwa vom Ölzeug des Fischers. Der Grund ist in beiden Fällen der gleiche: auch das Gefieder ist geölt, und das Öl stammt aus einer Drüse, der wohlbekannten — auch wenn die Kenntnis nur aus der Küche stammt — Bürzeldrüse. Dort wieder kriechen im Zuchtkorb die häßlichen Seidenraupen. Sie haben ihre Raupenzeit beendet, krumpeln sich zusammen und spinnen mit ihren Spinndrüsen einen Seidenfaden, aus dem ein kunstvoller Kokon gewoben wird. Dann kommt der habsüchtige Mensch, tötet den tüchtigen Spinner, spult den zarten Seidenfaden wieder heraus, und anstatt der Schmetterlingspuppe hüllen sich schöne Frauen in das Gespinst.

Doch genug davon. Wir sind ja schon hundertfach der Drüsentätigkeit begegnet; wir hörten so manches bereits von Drüsen, die Spinngewebe fertigen, von solchen, die die Schneckenschale ausscheiden, von denen, deren Produkt im

Blutegeldarm die Blutgerinnung verhindert, und vielen anderen. Jetzt wollen wir deshalb nur wissen, wie eine solche Drüse zusammengesetzt ist. Die Antwort kommt wohl nicht mehr unerwartet: aus Zellen, Drüsenzellen, deren besondere Fähigkeit es ist, in ihrem Inneren einen einzigen, ganz bestimmten Stoff, also Seide, Speichel, Öl zu erzeugen und in die Ausfuhrröhrchen, die zwischen den Zellen verlaufen, hinauszubefördern (Abb. 97). Wir werden weiterhin uns nicht

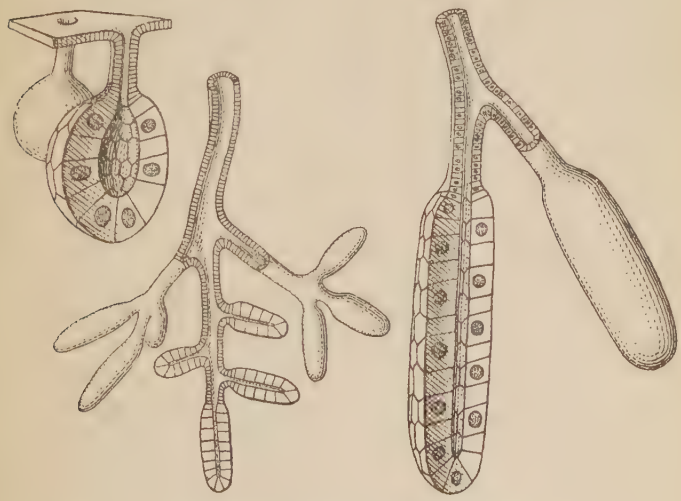


Abb. 97. Verschiedene Formen von Hautdrüsen, zum Teil aufgeschnitten dargestellt.

mehr wundern, zu erfahren, daß diese Tätigkeit, ebenso wie die der Muskeln, von Nerven beherrscht wird. Wir erinnern uns noch an die tätigkeitsleitenden Nerven. Sie treiben nicht nur die Muskeln zur Tätigkeit an, sondern bestimmte von ihnen auch die Drüsen. Wenn wir dafür einen Beweis erbringen sollten, so stellten wir es wohl so an, daß wir einen bestimmten Nerv elektrisch reizen und sehen, daß alsbald die zugehörige Drüse abzusondern beginnt. Einen leichter auszuführenden Versuch hat ein jeder schon an sich selbst angestellt. Beim Anblick, ja schon beim Gedanken an ein

gutes Gericht läuft das Wasser im Munde zusammen. Das bedeutet, daß der Anblick der appetitlichen Speise im Gehirn den Befehl zum Absondern an die tätigkeitsleitenden Nerven für die Speicheldrüsen hervorrief.

Solche Speicheldrüsen nun, die ihre Ausscheidung in die Mundhöhle ergießen, sind bei fast allen Tiergruppen zu finden, aber ihre Aufgabe ist eine ziemlich verschiedene. Bei uns hüllt der Speichel vor allem die Bissen ein, damit sie besser hinabrutschen können, macht sie weich und geschmeidig; nur nebenher hat er auch eine kleine, verdauende Wirkung. Bei vielen Insekten, die Bauten aus Holz und Erde aufführen, dient er als Mörtel zum Zusammenkleben der Steinchen. Daß die Schwalben ihren Speichel reichlich zum Kleben beim Nestbau benutzen, ist wohl bekannt, und eines besonderen Ruhmes erfreuen sich ja die völlig aus Speichel gebauten Nester der ostasiatischen Schwalbe, die ein begehrter Leckerbissen der Chinesen sind und auch wirklich ganz gut schmecken. Schließlich ist ja auch dem Menschen der Speichel das nächstliegende Klebemittel. Und nun schlucken wir aber den mit Speichel durchtränkten Bissen ernstlich hinunter.

Achter Abschnitt.

Wenn wir uns in der Tierwelt ein wenig umschauen und überlegen, wovon sich die verschiedenen Tierarten ernähren, so glauben wir eine sehr große Mannigfaltigkeit anzutreffen. Das Heu, das die Kuh verzehrt, das Blut, das die Schnake saugt, der Nektar, den die Biene schlürft, der Pflanzensaft, den die Blattlaus aufsaugt, das Fleisch, das der Geier aus dem Aas hackt, all dies sind doch verschiedene Nahrungsarten. Verschieden, ja und nein. Wenn der Chemiker an all diese Dinge herangeht und ihre wirkliche Zusammensetzung erforscht, so findet er, daß fast alle Nahrungsmittel der Tiere, wenigstens der Teil, der wirklich verdaut wird, außer Wasser und Salzen fast nur aus drei Arten von Stoffen bestehen. Die erste Art sind Stoffe, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff,

Sauerstoff aufgebaut sind — wir erinnern uns ja noch, wie wir uns den chemischen Aufbau des Zuckers an einem Mosaikbaukasten klarmachten — und als Stärke und Zucker bekannt sind. Es gibt deren natürlich mancherlei Arten, Reisstärke, Maisstärke und tierische Stärke, Rohrzucker, Milchzucker, Traubenzucker und andere. Aber allen ist jene chemische Zusammensetzung aus den drei Elementen gemein. Insgesamt nennt man sie mit einem griechisch-deutschen Mischwort, die Kohlehydrate. Die zweite Art von Stoffen sind die Fette, die ebenfalls sehr verschiedenartig sein können, aber doch alle den Charakter eines Fettes haben; auch diese Stoffe sind aus bestimmten Zusammenlagerungen jener drei Elemente gebildet. Die dritte Stoffart endlich ist das Eiweiß, das vom Hühnereiweiß seinen Namen hat, das wieder in zahllosen verschiedenen Arten von „Eiweißkörpern" vorkommt, die aber vom Standpunkt des Chemikers einander ähnlich sind. Bei ihrem Aufbau beteiligt sich neben den schon genannten Grundelementen hauptsächlich noch der Stickstoff und der Schwefel.

So besteht denn fast immer die Aufgabe der Verdauung darin, diese drei Stoffarten so zu verwandeln, daß sie aus dem Darm in den Körper übertreten können, was in ihrer natürlichen Form nicht möglich ist. Zum Aufbau des Körpers sind ja die in ihnen enthaltenen Grundstoffe oder Elemente, nämlich Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, vor allem nötig. Neben ihnen bedürfen wir allerdings noch einiger anderer Dinge wie Kalk und Kochsalz; aber sie werden uns ohnedies meist in gelöster Form zugeführt oder sind ohne weiteres löslich, so daß ihre Aufnahme in den Körper keiner besonderen Vorbereitungen bedarf. Die Nahrung aller Tiere muß also eine gemischte sein in bezug auf die genannten Stoffe, und vor allem darf das stickstoffhaltige Eiweiß nicht fehlen. Woher es kommt, ist im einzelnen sehr verschieden. Pflanzenfresser beziehen es aus dem Leib der Pflanzenzellen, Fleischfresser aus den tierischen Zellen. Wir selbst bekommen es hauptsächlich aus dem Fleisch, aber auch aus Gemüsen, vor allem den eiweißreichen Hülsenfrüchten. Man hört allerdings oft, daß ganze

Völkerschaften ohne Eiweißnahrung leben. Die Ostasiaten sollen sich vielfach nur von Reis nähren, der ja hauptsächlich aus Stärke besteht. Das ist aber nicht richtig. Denn zum Reis, der unser Brot vertritt, gehört stets eine eiweißreiche Zuspeise, meist Fisch. Jeder Orientreisende weiß, wie die Luft der Städte vom Geruch getrockneter Fische verpestet ist. Für Leute mit unempfindlichen Nasen gibt es allerdings nichts Interessanteres als auf den Märkten die Stapel durchaus ungenießbar aussehender getrockneter Seetiere aller Art zu sehen, die oft wie Holzstöße aussehen. Kommt man dann in Regionen fern vom Meer, wo frische Fische unerreichbar sind, so bekommt man Gelegenheit, seinen Eiweißbedarf aus solchen Quellen zu decken. Zu meinen schrecklichsten Erinnerungen gehört eine Nacht in einem einsamen Gebirgsrasthaus Zentral-Japans, in dem die einzigen Speisen verdorbener Reis und die schlimmste Sorte getrockneten Fischs waren. Glücklicherweise blieb ich davon verschont, in einer nahe dabei gelegenen Gegend zu nächtigen, in der die armen Bauern sich keine andere Zukost zum Reis leisten können als die Puppen von Seidenspinnern, deren widerlicher Geschmack mir leider durch Karpfen bekannt wurde, die mit ihnen gefüttert sind und den Geschmack annehmen. Da war es immer noch besser in jenem idyllischen Hochgebirgsdorf, in dem die arme Bevölkerung sogar den Reis noch mit billiger Gerste mischen muß. Aber als eiweißhaltige Zuspeise gab es die Zwiebeln der Berglilie, was ebenso poetisch wie schmackhaft war.

1.

Wir hatten nun schon verschiedentlich Gelegenheit, davon zu sprechen, worin in der Hauptsache die Verdauung besteht. Wir wissen, daß die Überführung der verwickelt zusammengesetzten stärke- oder eiweißartigen Nahrungsstoffe in einfachere lösliche Stoffe durch jene eigenartigen, im Körper erzeugten Umwandler bedingt wird, deren Bezeichnung Enzyme uns wohl schon geläufig ist. Wir haben auch bereits früher uns am Beispiel der Zuckergärung eine anschauliche, wenn auch, vom Standpunkt des Chemikers betrachtet, etwas rohe Vorstellung von der Art der Enzymwirkung, der „Spal-

tung" von Stoffen mit Hilfe von Enzymen, gebildet. So erscheint es uns jetzt ohne weiteres klar, daß dem Darm der Tiere zwei Hauptaufgaben zukommen: einmal, die Verdauungsenzyme für die Spaltung der Nahrung zu liefern, und dann, die so erhaltenen löslichen Stoffe aufzusaugen, so daß sie in den Körper eintreten können.

Wo kommen nun die Verdauungsenzyme her und wie wirken sie? Da erinnern wir uns sogleich dessen, was wir kürzlich erst von den einzelligen Tieren, Amöben, Aufgußtierchen und ähnlichen, hörten, die noch keinen Darm besitzen, sondern die Nahrung in den weichen Zelleib hineinbefördern und hier verdauen. Die Enzyme werden also hier innerhalb der Zelle erzeugt und wirken gleich an Ort und Stelle. Die aus der Nahrung herausgespaltenen einfacheren Stoffe müssen aber nicht erst aufgesaugt werden, sondern sind ja bereits in das Innere des Zelleibs aufgenommen. Sicher ist das die ursprüngliche Art der Verdauung und, merkwürdig genug, es gibt eine Anzahl einfacher Tiere, gewisse Würmer und dergleichen, die einen Darm besitzen und trotzdem noch in dieser ursprünglichen Weise verdauen. Bei ihnen arbeiten die einzelnen Zellen des Darmrohres genau wie fressende Amöben. Jede von ihnen hat die Fähigkeit, weiche Fortsätze nach Amöbenart in den Darmhohlraum auszusenden. Diese Fortsätze umfließen die Nahrung, die aus winzigen Teilchen bestehen muß und ziehen sie ins Innere der Zelle, wo dann die Verdauung vor sich gehen muß. Dieser einfache Vorgang genügt aber der Mehrzahl der Tiere nicht mehr. Sie verdauen außerhalb der Zellen im Darmrohr, wo die Nahrung mit der von den Zellen ausgeschiedenen enzymhaltigen Verdauungsflüssigkeit übergossen wird.

Wir haben nun schon des öfteren Vorgänge innerhalb des Körpers mit der Organisation der menschlichen Gesellschaft verglichen und wollen diesen Vergleich nun wieder einmal heranziehen. In der ursprünglichen Gemeinde verrichtete ein jeder alles; jeder war sein eigener Schmied, Maurer, Jäger, Krieger. Mit fortschreitender Entwicklung stellte sich aber die Arbeitsteilung ein, die einem jeden immer wenigere, ja, nur eine einzige Aufgabe zuteilt, als deren drastisches Bei-

spiel wir den Mann im Chikagoer Schlachthaus vorführten, der jahraus, jahrein nur eine Bewegung ausführt. Ähnlich geht es nun mit der Organisation der Darmverdauung. Da gibt es so einfache, ursprüngliche Därme, wie wir sie bei unserem Spulwurm kennenlernten, die ein gleichartiges Rohr, von Zellen ausgekleidet, darstellen, die sowohl die Ausscheidung der Enzyme wie die Aufsaugung der verdauten Nahrung besorgen. Von da führen alle erdenkbaren Stufen zu Därmen, die in viele Unterabteilungen eingeteilt sind, deren jede eine bestimmte Stufe des Verdauungsvorganges besorgt und in die besondere Drüsen einmünden, die die Masse der notwendigen Enzyme erzeugen. Trotz aller Verschiedenheiten, über die sich sehr vieles erzählen ließe, treten doch einige Punkte immer in ähnlicher Weise hervor.

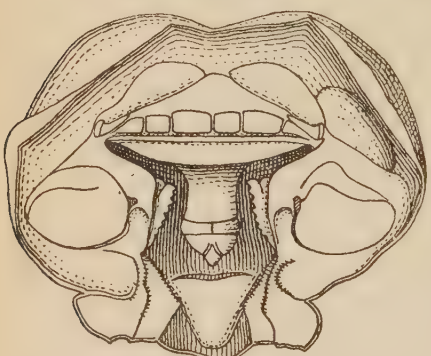


Abb. 98. Der aufgeschnittene Kaumagen eines Flußkrebses mit seinen Zahnbildungen.

So wird bei zahlreichen Tiergruppen die aufgenommene Nahrung durch eine Speiseröhre in einen Sammelbehälter, den Magen, geleitet, dessen äußere Haupteigenschaft es ist, ein mehr oder minder weiter Sack zu sein, der eine Menge von Nahrung aufnehmen kann. So hat ein Krebs ebensowohl einen Magen wie eine Fliege oder ein Käfer, eine Schnecke wie ein Seestern, Haifisch, Frosch, Eidechse, Vogel, Säugetier. Was aber in diesem Magensack mit der Nahrung geschieht, ist im einzelnen doch recht verschieden. Vor allem treffen wir häufig Magen an, die nicht nur verdauen, sondern schon bei der Vorbereitung der Nahrung zur Verdauung mithelfen. Den Mühlsteinmagen der Vögel haben wir schon kennengelernt, und auch bei Krebsen und Insekten könnten wir merkwürdige Reibemaschinen und Siebeinrichtungen mit ähnlichen Aufgaben im Magen finden (Abb. 98). Wo sie be-

sonders wirksam eingerichtet sind, ist auch bereits eine Arbeitsteilung in zwei Magenabschnitte eingetreten, von denen einer zerkleinert, der andere verdaut; der Kaumagen besorgt dann sozusagen als Stellvertreter die Aufgaben, die sonst dem Mund mit seinen Kau-, Mahl-, Reibeinrichtungen zukommen. Bei einer Tiergruppe hat sich aber eine Arbeitsteilung im Magen vollzogen, die wirklich ganz außerordentlich ist. Das sind die als Wiederkäuer wohlbekannten Kamele, Schafe, Hirsche, Rindvieh, von denen auch dem Laien bekannt ist, daß sie „mehrere Magen" besitzen. Das trifft aber auch für Schweine, Nilpferde, manche Walfische noch zu. Mit ihnen hat es nun die folgende Bewandtnis.

Die ausschließliche Nahrung eines Wiederkäuers sind Kräuter. Diese sind natürlich, wie alle Lebewesen, aus Zellen aufgebaut. Die pflanzliche Zelle aber unterscheidet sich in einem Punkt von der jetzt so wohlbekannten tierischen Zelle; ihr weicher Leib ist stets eingeschlossen von einem festen Häutchen aus Zellstoff, das ihn umgibt wie ein Kästchen oder die Wandungen einer Klosterzelle (woher auch der Name „Zelle" stammt). Dieser Holzstoff oder Zellstoff ist nun für die meisten Tiere (einige Schnecken und Krebse machen eine Ausnahme) unverdaulich, da keine Enzyme im Darm vorhanden sind, die ihn zu spalten vermögen. Um nun den nahrhaften Inhalt der Pflanzenzellen der Verdauung zugänglich zu machen, ist es nötig, daß die Holzstoffwände gesprengt werden, und die meisten Pflanzenfresser erreichen das durch feinste Zerkleinerung. Wir erinnern uns noch der Raspel im Mund der Schnecken, die mit mikroskopischen Zähnchen bedeckt ist, die die Zellwände zerreißen. Beim Wiederkäuer wird nun die Nahrung, ohne besonders gründlich mit den Zähnen zermahlen zu sein, hinuntergeschluckt und gelangt in den Vormagen, der selbst aus zwei Abteilen besteht, die Pansen und Netzmagen heißen; hier verweilt dann der Pflanzenbrei, in Speichel eingefeuchtet, ziemlich lange (Abb. 99). Die Aufgabe dieses Magens aber ist es, den Holzstoff zu erweichen und zu zerstören, so daß der Zellinhalt zutage tritt. Wie kann das aber geschehen, wenn kein Enzym ausgeschieden wird, das den Holzstoff spaltet? Wir

haben früher einmal genau beschrieben, wie der Zucker im Traubensaft oder der Biermaische zu Alkohol und Kohlensäure vergoren wird. Dabei erfuhren wir, daß die Gärung eine Spaltung durch die Wirkung von Enzymen war, die sich im Körper winzig kleiner Pilzchen, der Hefepilze, finden. Nun ist die ganze Welt erfüllt mit ähnlichen kleinen Pilzchen, die man Bakterien nennt. Gewöhnlich verbinden wir mit diesem Wort den Begriff bösartiger Krankheitserreger; aber es gibt ja sehr viele Arten von Bakterien und darunter vielleicht mehr Wohltäter als Übeltäter, denn vielen von ihnen kommt, wie wir noch sehen werden, die wichtige Fähigkeit zu, bestimmte Stoffe spalten und auch aufbauen zu können, die anderen Lebewesen unzugänglich sind; dadurch aber spielen sie vielfach eine höchst bedeutungsvolle Rolle in der Natur. So gibt es denn auch Bakterien, die des Holzstoffes Herr werden, die ihn vergären können. So wie die Hefepilze aus Zucker Alkohol und Kohlensäure machen, zerlegen jene den Holzstoff in allerlei Säuren und Gase, vor allem Grubengas und Kohlensäuregas. Solche Bakterien aber sind es, die für den Wiederkäuer die Arbeit leisten, die er selbst nicht zu vollbringen vermag. In ungeheuren Massen leben sie in dem Vormagen, in den sie mit der Nahrung gelangen, und bei dem Verweilen des Futters in diesem Gärungsbottich vergären sie ein gut Teil der Holzstoffhäute,

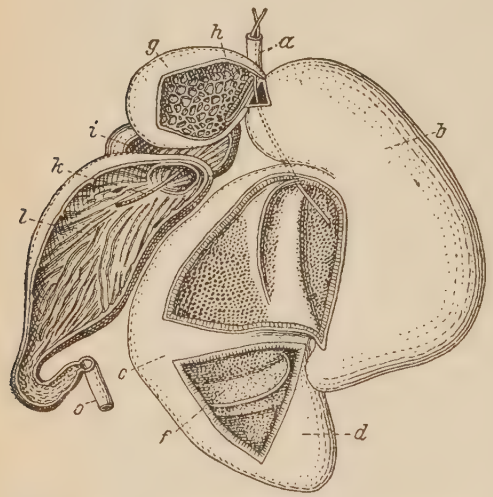


Abb. 99 a. Magen vom Schaf. *a* Speiseröhre, *b*, *c*, *d* der teilweise aufgeschnittene Pansen, *g* Netzmagen aufgeschnitten, *h* die Rinne, die in den Blättermagen *i* führt, *k* Übergang in den Labmagen *l*, *o* der Darm.

wodurch der Inhalt der Pflanzenzelle freigelegt wird. Klingt das nicht fast wie ein Märchen, daß der riesige Stier sich seine Nahrung von den unsichtbaren kleinen Bakterien verarbeiten lassen muß, den Heinzelmännchen, die seine Arbeit verrichten, während er nach der Weide ruht? Heute kennen wir noch nicht viele Fälle, die sich dem an die Seite stellen ließen, aber vielleicht stehen uns da noch Überraschungen bevor. Gibt es doch eine Menge von Insektenarten, deren Körper in ganz bestimmten Organen Bakterien und Pilze enthält, die so wichtig zu sein scheinen, daß sie sogar jedem Ei, das gelegt wird, sozusagen als Mitgift mitgegeben werden (Abb. 100). Noch wissen wir nicht, was das bedeutet; aber der unermüdliche Forscherfleiß wird es wohl bald ausspüren, und dann werden vielleicht die Wunder des Wiederkäuermagens noch weit übertroffen werden. Nun wollen wir aber, anstatt zu prophezeien, lieber noch hören, was weiter mit dem Heu geschieht, das die Kuh gefressen hat. Wenn im Vormagen das Geschilderte vorgegangen, wird der jetzt vorhandene weiche Futterbrei wieder in den Mund zurückgebrochen und dann nochmals zerkleinert, wiedergekäut. Was dann zum zweitenmal geschluckt wird, läuft in einer besonderen Rinne am Vormagen vorbei in den sogenannten Blättermagen, in den Falten vorspringen wie die Blätter eines

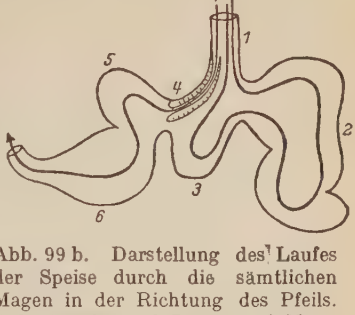


Abb. 99 b. Darstellung des Laufes der Speise durch die sämtlichen Magen in der Richtung des Pfeils. *1* Speiseröhre, *2* Pansen, *3* Netzmagen, *4* Schlundrinne, *5* Blättermagen, *6* Labmagen.

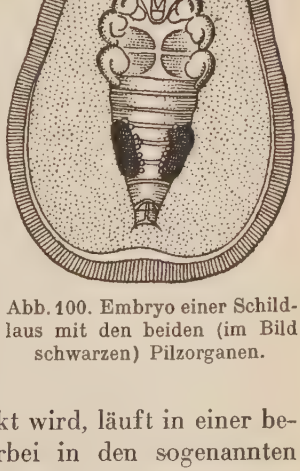


Abb. 100. Embryo einer Schildlaus mit den beiden (im Bild schwarzen) Pilzorganen.

Buches. Dort wird der Brei ausgepreßt, so daß er jetzt ziemlich trocken erscheint, und nun endlich gelangt er in den verdauenden Magen, den Labmagen, der nicht anders arbeitet als die Magen anderer Tiere.

2.

Für unsere gewohnten Vorstellungen ist der Magen der Teil, der die Hauptverdauungsarbeit zu leisten hat: ein guter Magen und ein schlechter Magen erscheinen uns gleichbedeutend mit guter und schlechter Verdauung; das ist aber unrichtig, denn man weiß, daß bei gewissen Erkrankungen der Magen völlig herausgeschnitten werden kann, ohne daß dadurch eine geregelte Verdauung unmöglich gemacht wird. Trotzdem leistet aber der Magen doch ein gut Teil Verdauungsarbeit, und zwar beschäftigt er sich hauptsächlich mit der Verwandlung der Eiweißstoffe in eine lösliche Form. Zu diesem Behufe scheiden die Drüsenzellen der Magenwandung ein Enzym aus, das man Pepsin nennt. Merkwürdigerweise vollzieht sich aber die Wirkung solcher Enzyme am besten, wenn die Umgebung eine ganz bestimmte Beschaffenheit hat; das Pepsin aber liebt eine saure Umgebung. Dem tragen wieder gewisse Drüsenzellen Rechnung, indem sie Salzsäure (oder bei manchen Tieren auch eine andere Säure) ausscheiden, den gleichen Stoff, der in der Küche zum Putzen verwandt wird und mit solcher Vorsicht behandelt werden muß, da er in konzentrierter Form ein bösartiges Gift ist.

So packt nun das Pepsin die Eiweißstoffe an und zerlegt sie vor allem in Stoffe, die man Peptone nennt. Auch sie sind uns, wenigstens rein äußerlich, nicht so ganz unbekannt. Denn man gibt ja künstlich hergestellte Peptone Kranken als besonders leicht verdauliche Kost; leicht verdaulich, denn sie sind ja bereits halb verdautes Eiweiß. Damit sind nun aber die Leistungen des Magens, besonders bei Pflanzenfressern, noch nicht zu Ende. Deren Nahrung enthält ja große Mengen des zweiten Hauptnährstoffes, Stärke, die wieder selbst unlöslich ist. Das trifft natürlich ebenso für unser Brot und Mehlspeisen zu. Um vom Körper aufgenommen werden zu

können, muß die Stärke aber erst in löslichen Zucker gespalten werden, und das besorgt wieder ein Enzym, das Stärkeenzym. Das wird nun von den Speicheldrüsen erzeugt und läuft mit dem Speichel in den Magen hinab, wo es in Tätigkeit tritt. Sodann wollen wir auch nicht vergessen, daß im Magen Knochen verdaut werden können, wie Hunde, Raubvögel, Schlangen zeigen. Dabei zerstört erst die Salzsäure den Kalk, und der Rest wird vom Pepsin in Angriff genommen. Ich erinnere mich eines recht drastischen Falles dieser Fähigkeit. Ein Freund hielt in seinem Terrarium eine jener fußlosen Eidechsen, die wie Schlangen aussehen, zusammen mit zwei viel kleineren Schlangen. Eines Tages war eine der Schlangen, wie auch der meterlange Scheltopusik, so hieß die schlangenähnliche Eidechse, verschwunden und konnten nicht mehr aufgefunden werden. Es zeigte sich dann, daß die eine der beiden Schlangen beide Genossen der ganzen Länge nach verschluckt und auch verdaut hatte, als nach einiger Zeit in ihrem Kot als gesamter Rest ein paar Wirbelchen des Scheltopusiks erschienen.

Das, was im Magen vorgegangen ist, stellt im wesentlichen nur eine Art von Vorverdauung dar, und der wichtigste Teil der Verdauung beginnt erst, wenn die Stoffe vom Magen in den Darm übertreten. Das läßt sich schon daraus entnehmen, daß in den Darm sowohl bei vielen niederen Tieren oder Wirbellosen als auch bei den Wirbeltieren Drüsen von ganz außerordentlichem Umfang einmünden, die ihre Säfte in den Darm ergießen (Abb. 101). Diese Drüsen sind allgemein als erstens die Leber bekannt, die man so gut bei einem Krebs oder einer Schnecke als bei einem Menschen findet, und sodann zweitens als Bauchspeicheldrüse bei den Wirbeltieren. Sie sind es, die die Enzyme anfertigen, die den wichtigsten Anteil an der Verdauung nehmen neben anderen Aufgaben, von denen wir noch hören werden. Da ist es nicht etwa die Leber, wie man wohl erwarten möchte, sondern die Bauchspeicheldrüse, der die wichtigste Arbeit zukommt. Denn ihre Ausscheidung enthält die drei besonders wirksamen Enzyme, die für die Verdauung von Eiweiß, Stärke, Fett nötig sind. Die Eiweißstoffe sind ja nun zwar schon im Magen in lös-

liche Form übergeführt worden, aber das genügt dem Körper sichtlich noch nicht. So baut sie das Enzym der Bauchspeicheldrüse noch weiter zu ziemlich einfachen Stoffen ab, die dann erst aufgesaugt werden können. Die Zellen des Körpers aber besitzen die Fähigkeit, aus diesen wieder ihr Eiweiß aufzubauen. Tatsächlich kann man mit bestem Erfolg Tiere mit einem Gemisch solcher chemisch hergestellten

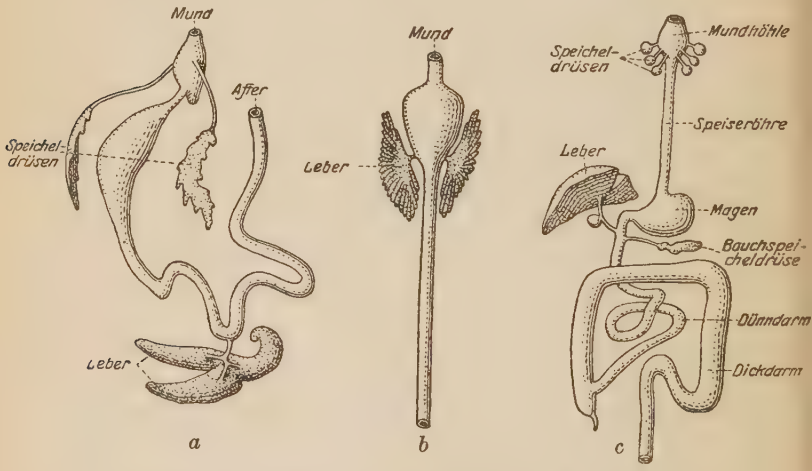


Abb. 101. Der Darmkanal. *a* einer Schnecke, *b* eines Krebses, *c* eines Menschen, um die Anhangsdrüsen zu zeigen.

Stoffe — sie sehen für den Laien etwa wie Salze aus — ernähren.

Das sind nun sehr bescheidene Andeutungen und der wißbegierige Leser möchte sicher die Vorgänge noch besser verstehen lernen. Leider kann ich dazu nicht viel beitragen. Es gibt viele Tatsachen naturwissenschaftlicher Art, die jedermann verständlich gemacht werden können. Aber bei den tieferen Weisheiten der Chemie versagt doch schließlich die Umschreibung und sie können nur klargemacht werden, wenn ein gewisses Maß chemischen Fachwissens vorausgesetzt werden kann. So bleibt euch also nichts übrig, als dies erst zu erlangen, ehe ihr daran denken könnt, den Vorgang der Ver-

dauung wirklich zu verstehen, nicht nur zu ahnen. Aus dem gleichen Grund können wir über den Vorgang der Fettverdauung nur feststellen, daß das fettspaltende Enzym die Fette in sogenannte Fettsäuren und Glyzerin zerlegt. Hier kommt nun auch die Ausscheidung der Leber zu ihrem Recht, die allbekannte Galle. Denn sie vermag nicht nur das Fettenzym zu seiner Tätigkeit anzuregen, sondern auch die gebildeten Fettsäuren zu lösen, so daß sie nunmehr samt dem Glyzerin in den Körper aufgenommen werden können, um da wieder zu Fett zusammengesetzt zu werden.

Zur Entschädigung für die Enttäuschung sei aber doch wenigstens mitgeteilt, wie man über all diese Dinge Klarheit erlangen kann. Da ist der harmloseste Weg der, die Bauchspeicheldrüse eines frischgetöteten Tieres zu zerkleinern, das wirksame Enzym herauszuziehen und es nun im Reagenzglas auf die verschiedenen Stoffe einwirken zu lassen und mit den Hilfsmitteln der Chemie deren Veränderungen zu studieren. Um aber die Verhältnisse des Lebens genau zu erforschen, muß man den Weg des Versuches am lebenden Tier einschlagen. Wer vor diesem Gedanken zurückscheut — und nichts ist natürlicher und ehrenwerter als das Mitgefühl mit hilflosen Geschöpfen —, möge sich darüber klar werden, daß dies der einzige Weg ist, um über die Dinge Klarheit zu erhalten, von deren Kenntnis Gesundheit und Leben von Millionen von Menschen abhängt. Viele der notwendigen Operationen müssen gegebenenfalls auch beim Menschen ausgeführt werden, und der gewissenhafte Forscher führt sie beim Versuchstier mit der gleichen Menschlichkeit aus, wie bei einem Patienten. Da ist es also nötig, daß man den Verdauungssaft ganz direkt dem lebenden Darm entnimmt. Das zu erleichtern, werden die Versuchstiere so operiert, daß das Ausführröhrchen der Drüse nach der Bauchwand geführt und dort eingeheilt wird, so daß der gewünschte Saft direkt abgezapft werden kann. Dann konnte man aber noch weiter gehen, indem man an Stelle des Reagenzglases den natürlichen Darm selbst setzte, was durch folgende Operation ermöglicht wird. Das Darmstück, in das die Verdauungssäfte fließen, wird oben und unten abgeschnitten und die beiden

offenen Enden in die Bauchhaut eingeheilt, während der übrige Darm wieder zusammengefügt wird. Nun hat man ein Versuchstier mit zwei verschließbaren Öffnungen am Bauch, die in ein Darmstück führen. Dahinein können die zu untersuchenden Stoffe direkt eingeführt werden, und dann ihre Verwandlungsprodukte herausgenommen und chemisch untersucht werden.

Nun liegt uns aber noch eine Frage nahe. Wir erfuhren früher, daß die Speichelabsonderung ein von Nerven abhängiger Reflexvorgang ist. Wie steht es in dieser Beziehung mit der Absonderung des Magensaftes und der Bauchspeicheldrüse? Der Versuch zeigt, daß auch sie tatsächlich als Aufträge von tätigkeitsleitenden Nerven erfolgen. Der berühmte Versuch, der das für den Magen beweist, ist der: Einem (natürlich chloroformierten) Hund wurde die Speiseröhre durchschnitten, und das freie Ende in die Haut eingeheilt, wo die Öffnung durch einen geeigneten Verschluß verschlossen werden kann. Frißt das Tier jetzt, so kommt die Nahrung nicht in den Magen, sondern läuft zu jener künstlichen Öffnung — man nennt sie eine Fistel — wieder hinaus. Um das Tier ernähren zu können, war ihm aber auch eine Magenfistel angebracht worden, durch die das Futter direkt in den Magen gesteckt und auch Magensaft entnommen werden kann. (Die gleiche Operation muß öfters an Menschen ausgeführt werden, deren Speiseröhre erkrankt ist; gar mancher sonst dem Tode Geweihte wird so am Leben erhalten, nachdem man am Hund einmal gelernt hatte, daß die Operation möglich ist.) Wird nun dem Hund ein Stück Fleisch vorgehalten, oder er schlingt es hinunter, ohne daß es je in den Magen gelangt, so fängt alsbald die Absonderung des Magensaftes an. Es liegt also die gleiche Art von Reflex vor, wie wenn das Wasser im Mund zusammenläuft.

3.

So haben also nun die Verdauungssäfte alles Genießbare in lösliche Form gebracht, und der wäßrige Saft mit den in ihm gelösten Nahrungsstoffen kann von den Darmzellen auf-

gesaugt werden. Es hat also die Küche des Körpers, der Darm, seine Pflicht getan, die Nahrung für die Bewohner des Hauses, die Millionen von Körperzellen, zuzubereiten. Wie kommt aber nun die Nahrung aus der Küche zu denen, die davon zehren wollen? Bei einer Wanderung im istrischen Küstenland kamen wir einmal müde und hungrig zu einem ärmlichen slowenischen Dorfwirtshaus. Die Hütte enthielt nur einen Raum, in dessen Mitte ein Herd mit offenem Feuer eingemauert war, der zugleich als Bank diente. In einem von der Decke herabhängenden Kessel wurde gelbe Polenta ge-

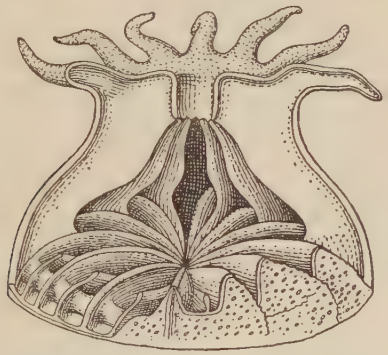


Abb. 102. Aufgeschnittener Korallenpolyp mit dem gekammerten Magendarmraum.

kocht, die die Gäste, schweigend um das Feuer hockend, verzehrten. Das ist gewiß recht ursprünglich und es mag uns als Vergleich dienen, wie im einfachsten Fall im Tierreich die Verteilung der Nahrung von der Körperküche an die Gäste erfolgt. Da ist nämlich, wenn wir an etwa einen Süßwasserpolypen oder ein Korallentier denken, der ganze Körper nicht viel mehr als ein Darmschlauch, von ein paar Zelllagen umgeben (Abb. 102). Somit sitzen alle Gäste direkt um den großen Kessel, alle Zellen um den Darmsack herum und können von ihm direkt die aufgesaugte Nahrung erhalten. Wird der Tierkörper aber verwickelter, dann ist das nicht mehr recht möglich und es sind besondere Einrichtungen zur

Verteilung der Nahrungsstoffe im Körper nötig. Für die Art, wie diese Aufgabe bei den zierlichen Quallen und den einfachsten Würmern gelöst ist, wüßte ich keinen brauchbaren Vergleich mit menschlichen Einrichtungen. Denn ich glaube nicht, daß es ein Gasthaus gibt, in dem vom Suppenkessel in der Küche Röhren nach allen Seiten führen, die den Gästen die Nahrung direkt in den Mund leiten. So etwa ist es nämlich bei diesen Lebewesen (Abb. 103, 104). Der Darm verzweigt sich in Röhren, die sich durch den ganzen Körper

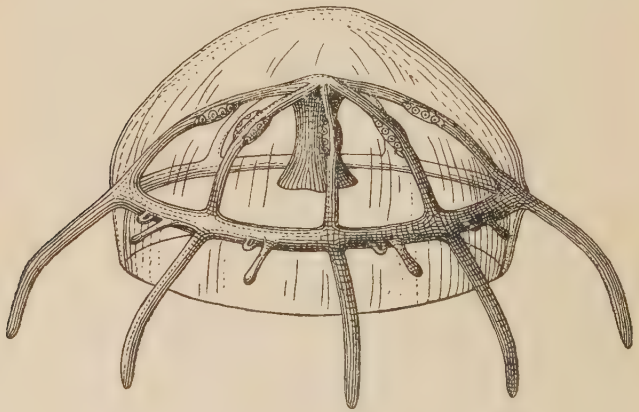


Abb. 103. Meduse mit dem Darmkanalsystem.

verästeln und die Nahrungsstoffe überallhin verteilen, so daß gewissermaßen der Darm überall anwesend ist.

Bei den meisten Tiergruppen aber übernimmt ein ganz besonderes Organsystem diese Verteilung, ebenso etwa, wie in einem großen Gasthaus Speiseaufzüge nach allen Zimmern hin führen. Im einfachsten Fall kann dies Organ aus weiter nichts bestehen als aus Spalten und Lücken zwischen den Geweben des Körpers, die von einer Flüssigkeit erfüllt sind, die man Lymphe nennt. Die gelöste Nahrung tritt in die Lymphe über und umspült in ihr alle die Zellen des Körpers, die daraus ihren Stoffbedarf decken. So ist es etwa bei dem Spulwurm, dessen Lymphflüssigkeit uns bereits von ihrer

unangenehmen Seite her bekannt ist. Höheren Ansprüchen genügt diese Einrichtung aber nicht. Da tritt zu den Lymphspalten vielmehr noch ein besonderes leitendes Röhrennetz, das uns schon wohlbekannte Blutgefäßnetz, dem außer der Aufgabe, den Zellen den nötigen Sauerstoff zuzuführen, auch noch die zufällt, ihnen die übrigen Nährstoffe zu übermitteln.

Würden wir die Darmwand eines Wirbeltieres mikroskopisch untersuchen, so fänden wir sie erfüllt von allerfeinsten

Abb. 104. Ein Viertel einer großen Qualle von unten gesehen. Schwarz die Verästelungen des Darmkanalsystems von dem kreuzförmigen Mund *m* ausgehend.

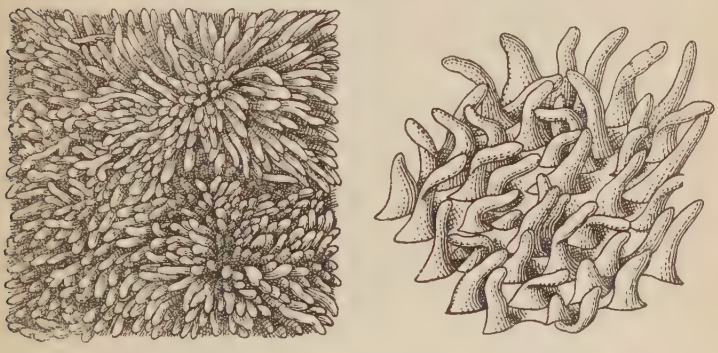
Blutröhrchen. Betrachten wir diese dann wieder vor und nach einer Mahlzeit, so könnten wir sehen, daß die von den Darmzellen aufgesaugten Nährstoffe, also Zucker, die abgespaltenen Eiweißbausteine und Fett — letzteres hat sich nämlich bereits in den Darmzellen wieder zusammengesetzt aus seinen Spaltteilen — im Blut und teilweise auch in der Darmlymphe erscheinen, um von dort in den Körper geführt zu werden. Das alle Körperteile durchspülende Blut schafft sie aber überall hin (Abb. 105, 106).

4.

Was wird nun weiter aus der im Körper verteilten Nahrung? Da wollen wir uns zunächst einmal einige der früher erworbenen Kenntnisse vergegenwärtigen. Da hörten wir allerlei über die Aufnahme des Sauerstoffes durch die Atemorgane und wie er dazu dient, in den Geweben die Verbrennungen zu ermöglichen, die dem Körper die Kraft für seine Leistungen liefern. Wir hörten ferner, daß in den Muskeln ein krafterzeugender Stoff, die tierische Stärke, abgelagert ist, die dann mit Sauerstoff verbrannt wird. Wir erfuhren auch, daß in der Atemluft das Produkt dieser Verbrennung, nämlich Kohlensäuregas und Wasserdampf, ausgeschieden wird. Schließlich wissen wir, auch ohne daß es bisher erwähnt wurde, daß auch andere Dinge dauernd aus dem Körper ausgeschieden werden, nämlich im Kot und Harn. Jetzt sehen wir aber, wie die Nahrungsstoffe in den Körper hineingelangen, und so ergibt sich uns nun ein Bild von allem, was in den Körper gelangt und was herauskommt; es zu vervollständigen, müssen wir nur noch etwas mehr davon erfahren, was im Körper mit den aufgenommenen Stoffen geschieht. Erst dann haben wir ein Gesamtbild von dem, was man Stoffwechsel nennt; er ist es ja, der im wesentlichen den Lebensprozeß ausmacht.

Wenn wir uns nun die Leistungen betrachten, die der Körper vollbringt, so sind sie zweifellos von zweierlei Art. Einmal ist da der tägliche Gang der Maschine, die Arbeit der Muskeln, Drüsen, Nerven, deren Leistung von der Feuerung der Maschine bestritten werden muß. Wir können uns ganz gut vorstellen, daß das im Körper wie in der Maschine auf Kosten der Feuerung geschieht, ohne daß von der Maschine selbst, also der lebenden Körpersubstanz, etwas verbraucht wird. Dann aber vollbringt das lebende Wesen, wenigstens während eines Teiles seines Lebens, noch etwas, was die Maschine nicht tut: es wächst. Das bedeutet aber, daß ein Teil der aufgenommenen Stoffe, der nicht für die Maschinenleistungen benötigt ist, so umgewandelt wird, daß daraus die Bestandteile der Zellen des betreffenden Tieres

aufgebaut werden können. Dieser Teil des Stoffwechsels ist zweifellos der geheimnisvollste. Denn er besagt, daß innerhalb der Körperzellen sich chemische Laboratorien finden, die aus den vom Darm gelieferten Stoffen, Fett, Zucker und den Eiweißspaltstoffen, all die vielerlei Dinge herstellen können, die den Körper chemisch zusammensetzen. Nicht nur das. Wir erinnern uns, von dem merkwürdigen Verhalten des Eiweißes verschiedenartiger Tiere gehört zu haben; eines war für das andere giftig, ein jedes ist also chemisch etwas unterschieden. Es muß also aus den verschiedenartigen Stof-



a *b*

Abb. 105. Die die Nahrung aufsaugende Darmoberfläche vergrößernden Darmzotten. *a* vom Kaninchen, *b* vom Meerschweinchen.

fen im Zell-Laboratorium gerade das richtige, besondersartige Eiweiß aufgebaut werden. Die Chemiker, die dies zustande bringen, sind jedenfalls wieder die geheimnisvollen Enzyme; wie sie dabei im einzelnen vorgehen, davon wissen wir allerdings noch gar wenig. Nur eines ist sicher, sie sind sehr gute Chemiker. Wenn wir versuchten, uns ein Eiweißteilchen ebenso bildlich vorzustellen, wie wir es früher für Zucker, Alkohol und Kohlensäure taten, also als Bilder, aus verschiedenartigen Mosaikbausteinen zusammengesetzt, so ergäbe sich ein gar verwickeltes Bild aus Tausenden von Wasserstoff-, Sauerstoff-, Schwefel-, Stickstoffklötzen. Alle die Steinchen sind wieder in verschiedenartigen kleineren und größeren

Gruppen angeordnet, in denen die Einzelklötzchen ganz bestimmte Stellungen haben und die Lage der einzelnen Gruppen zueinander ist wieder eine ganz bestimmte. Nun erfuhren wir, daß das Eiweiß im Darm in seine Bausteine gespalten wird; in unserem Vergleich wären das allerdings nicht die einzelnen Klötzchen, sondern jene Gruppen bestimmter Gestaltung, die der Chemiker Aminosäuren nennt. Man ist nun

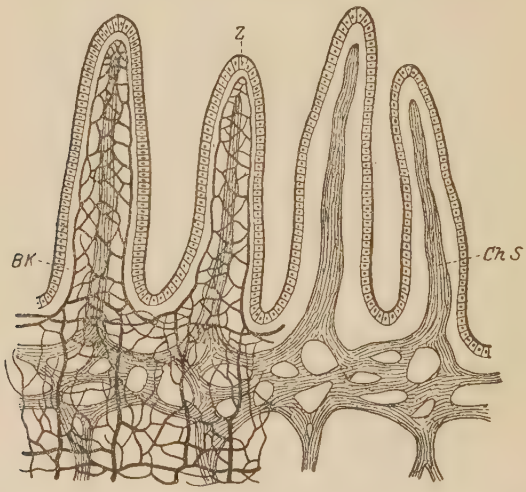


Abb. 106. Vier Darmzotten mit den darin enthaltenen Lymphgefäßen *ChS* und dem feinen Blutgefäßnetz *BK*.

imstande, Ratten jahrelang nur mit bestimmt zubereiteten Gemischen von Aminosäuren zu füttern und sie wachsen und vermehren sich. Der Chemiker in ihren Zellen war also imstande, aus den einfachen Stoffen (vorausgesetzt, daß bestimmte Arten nicht fehlten) all die verwickelten Eiweißstoffe aufzubauen, die die lebende Substanz der Rattenzellen ausmachen.

Was nun den täglichen Gang der Stoffwechselmaschine betrifft, den Stoffwechsel unabhängig vom Wachstum, so haben die Forscher eine ungeheure Mühe darauf verwandt, jede Stufe genau zu erforschen, schon allein deshalb, weil

auf dieser Kenntnis die menschliche Gesundheitslehre beruhen muß. Man wird nun nicht erwarten können, daß diese Dinge bei einer Schnecke, einem Wurm oder Insekt genau so verlaufen wie bei einem Frosch, Vogel, Menschen. Eine wirkliche Kenntnis erfordert also ein Studium des Stoffwechsels jeder einzelnen Gruppe des Tierreiches. Wenn man aber von solchen Formen absieht, die unter besondersartigen Bedingungen leben, wie etwa die Schmarotzer, so sind die großen Hauptzüge überall etwa ähnlich wie bei uns. Ein Teil der Nahrungsstoffe wird, wenn er mit dem Blut oder Gewebssaft an seinen Bestimmungsort kommt, sofort verbrannt. Das trifft vor allem für die Eiweißstoffe zu, deren Spaltprodukte größtenteils gar nicht erst wieder zu Eiweiß aufgebaut, sondern sofort verbrannt werden, um Energie zu liefern. Das zu beweisen, hat man schöne Apparate gebaut, in denen ein Mensch oder Tier für bestimmte Zeit lebt und mit genau gemessenen Dingen genährt wird. Der Apparat kontrolliert, was der Insasse ein- und ausatmet, und alle Körperausscheidungen werden gesammelt und untersucht. Dem Versuchsobjekt wird dann Stickstoff nur in Form von Eiweiß gegeben. Wird dann der vom Körper ausgeschiedene Stickstoff gemessen, so zeigt es sich, daß es genau so viel ist, als die Nahrung enthielt. Das ganze Eiweiß war also zu einfacheren stickstoffhaltigen Stoffen verbrannt worden.

Anders aber ist es mit den Stärkestoffen und dem Fett. Von letzterem weiß ja ein jeder, wie gern der Körper es aufspeichert: er legt sich einen Kohlenkeller für Notzeiten an. Aber auch für die Stärkestoffe hörten wir bereits ähnliches, die Aufspeicherung der tierischen Stärke in den Muskeln. Bei den Wirbeltieren hat sich nun für sie ein ganz besonders guter Kohlenkeller ausgebildet, die Leber. Alles Blut, das mit Nahrungsstoffen beladen vom Darm kommt, muß durch die Leber strömen. Da gibt es dann seinen Zucker — die Stärke, die ja im Darm in Zucker zerlegt wurde — ab aus dem dann der geheimnisvolle Chemiker in den Leberzellen die schlecht lösliche tierische Stärke aufbaut. Sie bleibt in dem Vorratskeller der Leber liegen, bis sie irgendwo benötigt wird. Dann macht der Zellchemiker schnell wieder daraus lös-

lichen Zucker, den der Blutstrom an den Ort der Verbrennung führt. Dort wird er, ebenso wie auch das Fett, zu Kohlensäure und Wasser verbrannt, die das Blut fortführt und mit der Atemluft entweichen läßt.

Wir wiesen schon einmal auf die treffende Ausdrucksweise volkstümlicher Redensarten hin. So drückt sich die Bedeutung jener Notvorräte des Körpers gut in der Redensart aus: „Von seinem eigenen Fett zehren." Wir nehmen es als ganz selbstverständlich an, daß der Speck in der natürlichen Vorratskammer vom Körper verzehrt wird, wenn nichts anderes da ist. Daß dem so ist, läßt sich leicht am Tier nachweisen. Ein hungerndes Tier muß seinen Stoffwechsel, der nie stillsteht, irgendwie bestreiten. So werden denn die im Körper selbst aufgespeicherten Vorräte verbrannt. Geht dabei der Stoffwechsel in seinem ganzen Umfang weiter, so sind allerdings die Vorräte bald erschöpft und der Hungertod muß eintreten. Aber es ist auch ein sehr langes Haushalten mit den aufgespeicherten Vorräten möglich, wenn mit dem Hunger der Stoffwechsel beschränkt wird. Besonders niedere Tiere können außerordentlich lange Zeiten ohne Nahrungsaufnahme in einem Zustand herabgesetzten Stoffwechsels aushalten. Bei gar vielen gehört derartiges sogar in den regelmäßigen Gang des Lebens und befähigt sie, über magere Zeiten hinwegzukommen. In heißen Klimaten ist es die dürre Trockenzeit, in kalten der nahrungsarme Winter, die zahllose Tiere zwingen, sich in einen Schlupfwinkel zurückzuziehen oder den Winterschlaf zu halten. Das tun Insekten und Frösche ebenso wie Schnecken und Eidechsen und gar manche Säugetiere, deren berühmtestes Beispiel das Murmeltier ist.

Bei den niederen Lebensformen können wir uns solches einigermaßen ohne Schwierigkeiten vorstellen; denn wenn sie bewegungslos und winterstarr sind, beschränkt sich ihre Stoffverbrennung auf eine Kleinigkeit. Daß ihnen solche Entbehrung nicht gar so schwer fällt, zeigt sich schon daran, daß sie gelegentlich in der Gefangenschaft außerordentlich lange ohne Nahrung aushalten können. Tierliebhaber haben oft beobachtet, daß ausländische Schlangen in ihren Terrarien keine Nahrung mehr nehmen wollen und so oft hungernd

über ein Jahr leben. Schwieriger erscheint es uns aber, uns bei einem Säugetier dergleichen vorzustellen. Denn Vögel und Säugetiere sind ja die sogenannten warmblütigen Tiere. Das bedeutet, daß ihre Lebensvorgänge sich bei einer Temperatur vollziehen, die viel höher ist als die der Umgebung; um diese aber erhalten zu können, ist eine dauernde Verbrennung nötig, die Wärme erzeugt. Das Merkwürdigste ist nun, daß solche winterschlafenden Säugetiere sich während des Schlafes wie Kaltblüter verhalten. Ihre Körperwärme sinkt herab, die Atmung wird eine ganz langsame, das Herz schlägt seltener, der ganze Stoffwechsel wird auf ein Mindestmaß herabgeschraubt. Im Herbst hatten sie aber tüchtig Fett und tierische Stärke angesetzt und die reichen aus, sie über den Winter hinwegzubringen. Wenn sie dann im Frühjahr von der Sonnenwärme geweckt werden, kehrt in ganz unglaublich kurzer Zeit die richtige Körperwärme wieder zurück, ein gewaltiges Einheizen allerdings, bei dem viel Brennmaterial verbraucht wird; und dann beginnt der Schläfer, sich wieder anzufressen. Uns Menschen kommt leider diese, wie so manche andere nützliche Fähigkeit der Tiere, nicht zu. Immerhin heißt es, daß in Hungerszeiten russische Bauern die kalten Monate im Bett verbringen, so den Verlust an Körperwärme und die Notwendigkeit des Ersatzes durch Verbrennung herabmindernd. Da dabei auch die stoffverzehrenden Muskelbewegungen wegfallen, können sie mit ganz wenig Nahrung über die schwere Zeit wegkommen. Bekanntlich gibt es übrigens auch Menschen, die ungewöhnliche Hungerleistungen vollbringen können. Ein bekannter Hungerkünstler hungerte einmal in einem wissenschaftlich kontrollierten Versuch einen ganzen Monat. Noch am 23. Tage konnte er mehrere Kilometer gehen und ein Fechtturnier durchhalten. Doch das ist nicht jedermanns Sache.

5.

Vielleicht ist es dem Leser aufgefallen, daß wir bisher immer kurz über ein Ding hinweggegangen sind. Wir sprachen mehrfach von den Körperausscheidungen, erwähn-

ten auch, daß ihr Gehalt an Stickstoff ein Maß dafür ist, wieviel Eiweiß im Körper verbrannt wurde. Aber wir bezeichneten bisher nur eine Ausscheidung näher, nämlich das Ausatmen von Kohlensäure und Wasser. Mit der ausgeatmeten Luft wird aber kein Stickstoff entfernt. Seine Ausscheidung besorgt vielmehr ein Organ, das wir bisher noch gar nicht erwähnten, die Niere. Und doch ist sie eines der wichtigsten Organe des Körpers, sein Kanalisationssystem, das nicht nur die überflüssigen Endprodukte des Stoffwechsels wegschafft, sondern auch alle die Stoffe, deren Anhäufung im Körper dem Zellstaat gefährlich werden könnte. Mit der Nahrung werden ja auch allerlei lösliche Stoffe aufgenommen, die der Körper nicht nur nicht gebrauchen kann, sondern die ihm sogar schädlich sind. Für ihre Entfernung sorgt die Niere. So werden wir denn erwarten, Nieren schon auf sehr tiefen Stufen tierischen Lebens anzutreffen. Allerdings besitzen die schlauchförmigen Polypentiere und ihresgleichen noch keine. Da aber bei ihnen der Darmsack, wie uns bekannt, den ganzen Körper erfüllt, so kann leicht alles Unbrauchbare direkt in ihn abgegeben werden. Aber schon die einfachsten Würmer besitzen eine Niere, die allerdings wesentlich anders ausschaut, als wir es uns von den gebratenen Kalbsnieren her vorzustellen gewohnt sind. Es ist aber eine sehr praktische Niereneinrichtung, die etwa so eingerichtet ist wie das Kanalisationsnetz einer Stadt. Der ganze Körper wird von feinen Kanälchen durchzogen, in die hinein die unbrauchbaren Stoffe abgeschieden werden (Abb. 107). Manche von den Zellen, die die Wand der Kanäle bilden, sind aber mit feinen Härchen bedeckt, die hin- und herschwingen und dadurch einen Strom erzeugen, der den Inhalt der Seitenkanäle in die Hauptröhren und von da aus dem Körper hinaus treibt (Abb. 108). Auch unser Spulwurm besitzt eine einigermaßen ähnliche Niere, deren Kanäle man aber nur mit dem Mikroskop auffinden könnte.

Wie es nun im Städtebau allerlei Kanalisationssysteme gibt, so auch im Tierreich. Ein besonders beliebtes, das sich vom Regenwurm bis zum Haifisch hinauf findet, ist das folgende: Zwischen Körperwand und Eingeweiden liegt ein von

einer Flüssigkeit erfüllter Hohlraum, die Leibeshöhle. In sie gelangen die schlechten Stoffe, die die Zellen abgeben. In die Flüssigkeit hinein hängen aber nach außen führende Röhren, die innen mit einem offenen Trichter beginnen (Abb. 109). In diesen gelangen dann die auszuscheidenden Stoffe und damit ins Ausscheidungsrohr. Manchmal ist dabei der Weg, wie sie in den Trichter gelangen, recht eigenartig. Wir erinnern uns wohl noch der Freßzellen, deren Fähigkeit, Bakterien zu verschlucken und so unschädlich zu machen, wir früher bewunderten. Solche Freßzellen finden sich nun auch in der Leibeshöhlenflüssigkeit und sie beladen sich mit den auszuscheidenden Stoffen und wandern durch die Trichter zum Körper hinaus, wobei sie natürlich zusammen mit den unschädlich gemachten Stoffen zugrunde gehen. Das erinnert mich an das höchst einfache Kanalisationssystem, das uns in einer südeuropäischen Hafenstadt viel Freude bereitete. Dort konnte man allabendlich nach Eintritt der Dunkelheit ganze Züge von Frauen schweigend nach den Felsen am Strande ziehen sehen, jede einen großen Kübel auf dem Kopf tragend, dessen duftender Inhalt ins Meer entleert wurde. Um dem Vergleich mit den Freßzellen jener Würmer gerecht zu werden, hätten sich dann allerdings die Trägerinnen auch in die Fluten stürzen müssen.

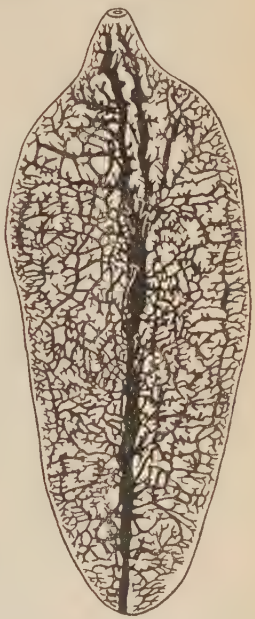


Abb. 107. Leberegel mit dem Netzwerk seiner Nierenkanäle.

Bei den höheren Wirbeltieren arbeitet aber die Niere wieder nach einem anderen System. Die Fortführung der Endstoffe ist allerdings die gleiche, nämlich mittels Kanälchen, die sie aufnehmen und nach außen leiten. Würden wir eine Niere, wie wir sie beim Metzger sehen, genau untersuchen, so

fänden wir sie aus zahllosen gewundenen Röhrchen zusammengesetzt, die sich alle in einen Hauptkanal ergießen, der dann als Harnleiter nach außen führt (Abb. 110). Schon der Name sagt uns, daß bei den Säugetieren mit den zu entfernenden Stoffen auch große Wassermengen als Harn aus

Abb. 108. *a* die Anordnung der Nierenkanäle verschiedener Plattwürmer (*a—d*). *b* eine Stelle aus dem Kanalnetz bei starker Vergrößerung. Die Zellen der blindgeschlossenen keulenförmigen Seitenkanälchen tragen die schlagenden Flimmerhärchen.

dem Körper ausgeschieden werden. Wie können es aber die kleinen, nur an einer Stelle des Körpers gelegenen Nieren fertig bringen, alle die Endstoffe von überall her aus dem Leib zu sammeln, um sie auszuscheiden? Das geschieht durch das vollkommenste Kanalisationssystem, das sich ausdenken läßt. Wir kennen ja bereits ein Röhrensystem, das den ganzen Körper durchsetzt und mit seinen feinsten Verzweigungen

überall hindringt, die Blutgefäße. Wir wissen auch, daß das Blut sowohl die Nährstoffe wie den Sauerstoff zu den Milliarden Zellen des Körpers hinführt und wissen ferner, daß es dafür die bei der Verbrennung entstandene Kohlensäure ableitet. So wie ihm nun die Kohlensäure zum Fortschaffen anvertraut wird, so werden ihm auch die anderen über-

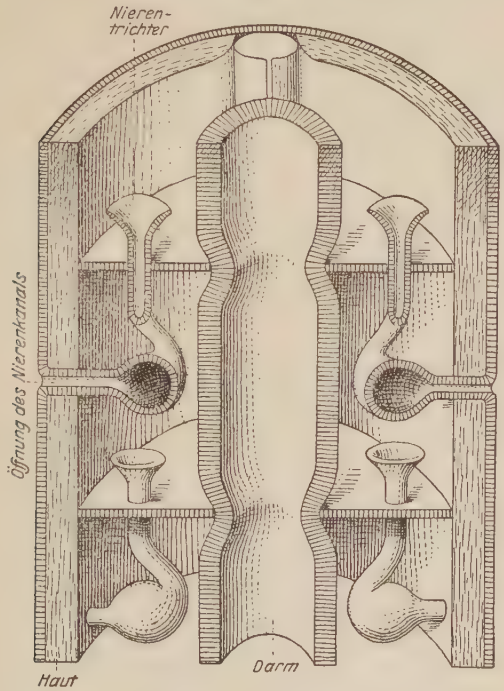
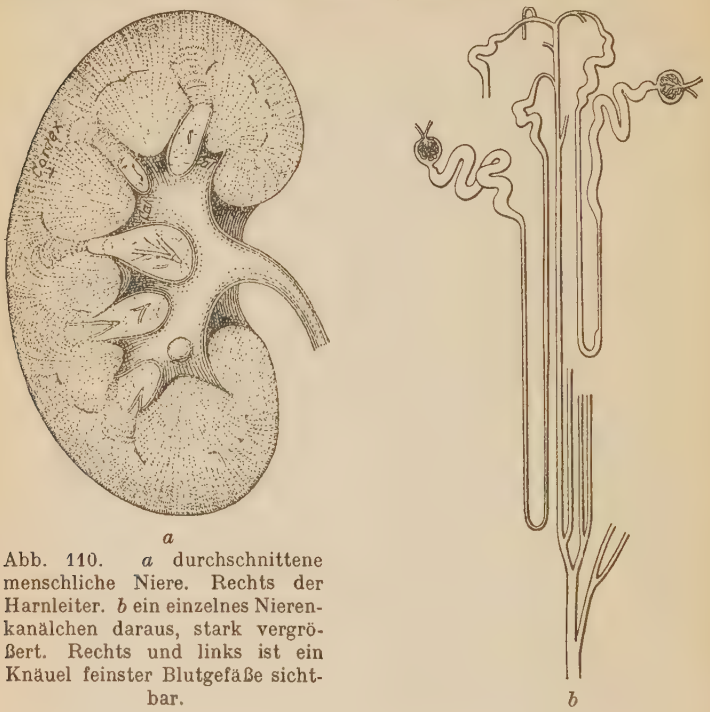


Abb. 109. Drei aufgeschnittene Körperabschnitte eines Gliederwurmes mit den Nierenkanälen.

flüssigen oder schädlichen Stoffe übergeben und sie führt es zur Niere. Dort aber lösen sich die Blutgefäße in ein unendlich feines Netz winzigster Kanäle auf, die die Nierenröhrchen umspinnen, und aus ihnen treten dann die auszuscheidenden Stoffe in die Nierenkanälchen über. Wie außerordentlich pünktlich diese Kanalisation arbeitet, hat ein jeder schon an sich selbst beobachtet. Im Spargel findet sich ein

für den Körper unbrauchbarer Stoff, der wieder ausgeschieden werden muß, und der an seinem starken Geruch leicht kennntlich ist. Fast unmittelbar nach einer Spargelmahlzeit nimmt der Harn diesen Geruch an.



a *b*

Abb. 110. *a* durchschnittene menschliche Niere. Rechts der Harnleiter. *b* ein einzelnes Nierenkanälchen daraus, stark vergrößert. Rechts und links ist ein Knäuel feinster Blutgefäße sichtbar.

6.

Unsere Wißbegierde ist aber immer noch nicht befriedigt. Wir wollen doch wenigstens eine Ahnung davon bekommen, was da von der Niere hinausbefördert wird. Wir erinnern uns nun, was wir von der Zusammensetzung des Eiweißes und seiner Verbrennung hörten. Da war der wichtigste Bestandteil der Stickstoff. Also muß der Stickstoff, soweit er nicht zum Aufbau neuer, lebendiger Substanz benutzt wird, irgendwie wieder in den Ausscheidungen erscheinen. Tatsächlich ist es eine der Hauptaufgaben der Niere, ihn aus dem

Körper zu entfernen, und zwar erscheint er im Harn als eine im Vergleich zum Eiweiß ziemlich einfache Verbindung von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, die wir Harnstoff nennen. Er ist ein Stoff, der, so verächtlich sein Name klingen mag, in der Geschichte unserer Wissenschaft eine große Rolle gespielt hat. Man hatte früher geglaubt, daß es unmöglich sei, solche in der Werkstatt des Körpers gebildeten Stoffe künstlich in der Retorte des Chemikers herzustellen, da zu ihrem Aufbau eine geheimnisvolle Lebenskraft benötigt sei. Es war sozusagen der Geburtstag der neueren Chemie, als es dem großen Chemiker Woehler vor fast einem Jahrhundert gelang, künstlich den Harnstoff aufzubauen. Übrigens stellt er nicht bei allen Tieren das Endglied des Stickstoff-Stoffwechsels dar; bei vielen vertritt seine Stelle vielmehr ein anderer Stoff, den man Harnsäure nennt. Das trifft besonders für Reptilien und Vögel zu, deren fast trockener Harn nahezu ausschließlich aus Harnsäurekristallen besteht.

Diese Ausscheidung des Stickstoffes ist zweifellos eine der Hauptaufgaben der Niere; aber außerdem befreit sie auch noch den Körper von vielen anderen Dingen. Eine Menge von Stoffen mehr oder minder schädlicher Natur, die teils mit dem Darm in den Körper aufgenommen, teils durch den Stoffwechsel erzeugt werden, werden durch die Niere entfernt, oft, nachdem sie erst in andere chemische Form verwandelt wurden. Das läßt sich besonders klar zeigen, wenn Tier oder Mensch Stoffe einverleibt werden, die in der Niere in einen anderen Stoff umgewandelt werden, der den Harn färbt. All dies — und wir konnten ja nur ganz weniges andeuten, ohne an den Klippen der Chemie zu stranden — macht es verständlich, weshalb der Arzt bei allen möglichen Krankheiten den Harn chemisch untersucht. Denn wenn er findet, daß darin andere Stoffe enthalten sind als die, die natürlicherweise ausgeschieden werden sollen, so kann er daraus schließen, an welcher Stelle etwas mit dem Stoffwechsel nicht in Ordnung ist. Natürlich kann eine solche Untersuchung nur bedeuten, daß die Art und Menge der betreffenden Stoffe mit den verwickelten Hilfsmitteln der

Chemie genau festgestellt wird, und daß der Untersuchende weiß, welche chemischen Vorgänge zur Bildung der Stoffe führten. Auf diese Weise kann tatsächlich manche Krankheit aus der Beschaffenheit des Urins erkannt werden; wenn aber Kurpfuscher vorgeben, das aus einer bloßen Betrachtung des Harns tun zu können, so ist es, wie jeder Leser jetzt verstehen sollte, reiner Schwindel.

Als wir soeben von der Harnsäureausscheidung der Vögel sprachen, erinnerte sich wohl mancher Leser an den berühmten südamerikanischen Vogeldünger, den Guano, auch wenn er ihm vielleicht nur von einem bekannten Studentenlied her geläufig ist. Er hat gehört, daß an Küsten und Inseln des Stillen Ozeans ungeheure Scharen jener plumpen Tauchvögel hausen, deren Harnsäureausscheidung sich seit Jahrhunderten aufhäuft und nun wie in einem Bergwerk abgebaut wird, um als Dünger zu dienen. Wenn wir uns mit dieser nicht weiter merkwürdigen Tatsache aber ein wenig näher abgeben, kommen wir zu einem ganz überraschenden Einblick in das, was man den Stickstoffhaushalt der ganzen Natur nennt.

Die Harnsäure, die von jenen Vögeln ausgeschieden wird, stammt aus der Verbrennung des Eiweißes, das mit ihre Nahrung bildete. Ihre Nahrung bestand aus Fischen. Woher bekamen die Fische ihr Eiweiß? Von den kleinen Krebschen des Planktons, das sie verschluckten und durch ihre Kiemenfilter siebten. Woher aber bekamen die Krebschen ihr Eiweiß? Wiederum aus ihrer Nahrung, mikroskopischen Lebewesen, die, wenn sie nicht schon selbst winzige Pflänzchen waren, sich von solchen genährt hatten. Wie aber bauten diese Pflänzchen ihr Eiweiß auf? Wir wissen bereits, daß die Pflanzen imstande sind, aus Wasser, Luft und Boden einfache chemische Stoffe aufzunehmen und daraus ihren Leib aufzubauen. Um Eiweiß aufzubauen, ist aber Stickstoff nötig, und den erhalten sie aus stickstoffhaltigen Salzen, die im Meerwasser gelöst sind. Wo kommen nun diese wieder her? Ein Teil vom Regen und den Gesteinen. Ein großer Teil wird aber von den Lebewesen selbst geliefert, aber in einer Form, die von den Pflanzen nicht direkt „verzehrt" werden kann.

Diese Stoffe in die richtige chemische Form zu bringen, in der die Pflänzchen sie aufnehmen können, ist nun wieder eine der vielen verdienstlichen Taten der Bakterien. Unendliche Massen von Lebewesen aller Größen und Sorten sterben fortgesetzt ab. Aber weder auf dem Land noch im Wasser werden ihre Leichen angetroffen. Daran sind die Fäulnisbakterien schuld. Sie zersetzen mit Hilfe ihrer Enzyme all die Stoffe der belebten Welt, alles das, was den Körper der Tiere und Pflanzen zusammensetzt, in einfache chemische Stoffe, in Kohlensäuregas, Wasserstoffgas, Schwefelgas, Grubengas, in Wasser und in stickstoffhaltigen Salmiakgeist. Dieser letztere ist es nun, der uns hier am meisten interessiert. Wollten wir ihn mit der gleichen Umschreibung beschreiben, die wir früher benutzten, so müßten wir ein Bild bauen aus einem Stickstoffklotz und drei Wasserstoffklötzen. Aus diesem Salmiakgeist nun, oder Ammoniak, wie die Wissenschaft sagt, vermag die Pflanze noch kein Eiweiß aufzubauen. Da kommen nun wieder andere Bakterien zu Hilfe und verbinden mit Hilfe ihrer Enzyme das Ammoniak so mit Sauerstoff, daß ein Bild entsteht, das aus einem Stickstoffklotz, einem Wasserstoffklotz und drei Sauerstoffklötzen aufgebaut ist. Dies Bild heißt Salpetersäure. Diese wieder verbindet sich mit allerlei Gesteinsstoffen zu Dingen, die man salpetersaure Salze nennt. Erst sie werden dann endlich von den winzigen Pflänzchen des Meeres aufgenommen und als Grundlage der Eiweißfabrikation benutzt.

Nun können wir wieder zu unserem Guano zurückkehren, von dem wir ausgingen. Vor unendlichen Zeiten gab es auch schon Massen von Vögeln, die ihren Guano an den Küstenbergen Chiles aufhäuften, der mit der Zeit zu außerordentlichen Ansammlungen wuchs. Da kamen nun die betreffenden Bakterien und zersetzten den Guano und bauten daraus salpetersaure Salze auf, die von dem Wasser in ein sehr trockenes Wüstengebiet hinuntergeschwemmt wurden, wo sie sich in ungeheuren Lagern ansammelten. Das sind die Lager von Chilesalpeter, mit dem die ganze Welt ihre Felder düngt. Was aber düngen heißt, wissen wir jetzt, nämlich: dem Boden Stickstoff in einer Form zuzuführen, in der ihn die

Pflanze aufnehmen kann, um Eiweiß daraus aufzubauen. Ist nun aber alle Eiweißherstellung auf diesen Stickstoff angewiesen, der so einen Kreislauf in der Natur beendet? Sicher erinnert Ihr Euch, daß die uns umgebende Luft zu vier Fünfteln aus Stickstoff besteht; das ist also ein unendlicher Stickstoffvorrat. Leider können ihn weder Tier noch Pflanze ausnutzen. Nur zwei Arten von Lebewesen vermögen es. Das eine sind wieder gewisse Arten von Bakterien. Sie können den Luftstickstoff aufnehmen und so weiter verarbeiten, daß die Stoffe gebildet werden, aus denen die Pflanze Eiweiß aufbauen kann. Unglaublicherweise gibt es eine ganze Pflanzengruppe, zu der Erbsen und Wicken gehören, an deren Wurzeln sich Knöllchen finden, in denen diese Bakterien leben und den Luftstickstoff zugunsten der Pflanze in aufnehmbare Form umsetzen. Das ist übrigens dem naiven Landmann in der ganzen Welt, ohne daß er etwas von Bakterien weiß, schon lange bekannt. Unsere Bauern bepflanzen einen Acker mit Wicken, um den Boden anzureichern. Genau so sät der japanische Reisbauer im Frühjahr gelbblühende Wicken in sein Reisfeld und sobald die Zeit zum Aussetzen des Reises kommt, wird die ganze goldene Pracht, die in einer schlammigen, noch nicht bepflanzten Reissumpflandschaft dem Auge so wohl tat, in den Boden hineingepflügt. Das andere Lebewesen aber, das den Luftstickstoff verwerten kann, ist der Mensch. Was die Natur seinem Körper versagt hat, erzwingt sein Geist, und seine Maschinen verwandeln in unseren Fabriken den wertlosen Stickstoff der Luft in kostbare Bodensalze.

7.

Es ist kein großer Gedankensprung vonnöten, um vom Düngen der Felder auf das Ende des Verdauungsprozesses zu kommen, besonders nicht, wenn man vorher von den ostasiatischen Reisfeldern sprach. Wer einmal im Frühjahr durch chinesische oder japanische Reisfelder gewandert ist, weiß, was wir meinen; und wer dies Glück noch nicht hatte, wird sich sicher nicht danach sehnen, wenn er hört, daß sie ausschließlich mit Menschenkot gedüngt werden. Ein typisches

Bild in den Außenbezirken von Städten da draußen ist eine Prozession langer, mit Holzkübeln beladener Karren, die den kostbaren Abfall menschlicher Verdauung hinausfahren, wo er sich im Schlamm des Reisfeldes wieder in das tägliche Brot verwandeln soll. Schon das zeigt, daß sich im Kot neben allerlei unverdaulichen Dingen, vor allem Pflanzenhäuten, noch viele ausnutzbare Stickstoffverbindungen finden und auch noch unverdaute Nahrungsreste, die von den im Dickdarm lebenden Bakterien abgebaut wurden, verfaulen. Das macht es verständlich, wieso gar manche Tierarten Mistfresser sind, und viele, besonders hungernde Tiere, ihren eigenen Kot verzehren.

Doch lassen wir damit diese wenig appetitlichen Dinge auf sich beruhen. Nur eines sei noch festgestellt, daß nicht alle Tierformen einen After zur Entleerung von Kot besitzen. Wir werden uns nicht wundern, das bei Schmarotzern, die verdaute Nahrung fressen, anzutreffen, eher möchte es erstaunlich erscheinen, daß der Spulwurm tatsächlich Mastdarm und After besitzt. Aber auch bei ganzen Gruppen frei lebender niederer Lebewesen, wie Polypen, niederen Würmern, manchen Seesternen, fehlt der After, und unverdauliche Reste werden wieder zum Mund hinausbefördert. Ein gar wohlbekanntes Tier bedient sich aber beider Methoden, die Eule. Die eigentlichen Verdauungsreste werden auch von ihr durch den After entleert, aber all die unverdaulichen Federn, Haare und Knochen, die sie hinunterschlang, werden als ein Knäuel ausgespuckt, der unter dem Namen Gewöll bekannt ist. In der Nähe meiner Heimatstadt fand sich in meiner Jugend ein dicht von Eulen bevölkertes Wäldchen und der ganze Boden war mit den Gewöllen bedeckt, deren mannigfacher Inhalt uns Knaben besonders interessierte.

Damit sei es nun genug von Verdauung und Stoffwechsel, ein dem Leser vielleicht etwas schmerzhaft erscheinendes Kapitel. Da gibt es nicht viele unterhaltende Histörchen zu erzählen und man muß sein Gehirn etwas anstrengen, um all die Dinge zu verstehen. Wenn ihr erst wüßtet, wie ihr euch zu plagen hättet, wenn ich euch mit den Feinheiten dieser Dinge kommen wollte und den Versuch machte, euch gehen

zu lehren, anstatt nur die ersten tastenden Schritte! Denn mehr als dies ist es ja nicht, wenn man von Verdauung, Ausscheidung, Stoffwechsel spricht und dabei ganz auf die Erwähnung der wunderbaren Feinheiten der chemischen Vorgänge verzichten muß. Darf ich euch diese, vielleicht deprimierende Erkenntnis recht ans Herz legen? So viele unkluge Menschen vertrauen ihr Leben und Gesundheit Quacksalbern an, die noch nicht einmal gelernt haben, die ersten bescheidenen Schritte zu gehen, geschweige denn imstande sind, die verwickelte Arbeit, die das chemische Laboratorium des Körpers verrichtet, auch nur zu ahnen. Sollen wirklich die, die nichts vom geregelten Gang der Dinge wissen, imstande sein, zu sagen, wie ein Schaden in der Fabrik ausgebessert werden kann?

Neunter Abschnitt.

Erinnert ihr euch noch an das Geschichtchen vom fleißigen Studenten, der das ihm zur Untersuchung übergebene Tier erst gründlich von außen betrachtet, während der faule es sofort aufschneidet und verdirbt? Als wir seinerzeit unseren Spulwurm von außen betrachteten, waren wir sehr stolz auf unsere Gewissenhaftigkeit. Aber es war gar nicht so weit damit her! Denn tatsächlich übersahen wir damals etwas recht Wesentliches und das muß nun gut gemacht werden. Hätten wir gründlicher zugeschaut, so wäre es uns wohl aufgefallen, daß unsere Würmer nicht alle gleich sind: manche sind größer, andere sind beträchtlich kleiner und diese letzteren tragen stets ihr Hinterende hakenartig eingerollt (s. Abb. 1). Es ist nicht sehr schwer zu erraten, was diese Unterschiede bedeuten: wir haben hier die beiden Geschlechter vor uns. Die größeren Tiere sind weiblich, die kleineren sind männlich.

Das klingt nun so einfach und selbstverständlich, und doch, welche Fülle von Fragen knüpft sich daran an. So stellen wir einmal einige und fangen schön von vorn damit an, sie zu beantworten. Da wollen wir zunächst wissen, welches die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern

sind. Soeben sahen wir, daß das Spulwurmmännchen klein, das Weibchen groß ist. Das kann natürlich nicht sehr wesentlich sein; der Hahn z. B. ist groß und die Henne klein. Aber der Hahn zeigt uns scheinbar wichtigere Unterschiede: er besitzt den hohen Kamm und den stolzen Schrei, die kriegerischen Sporen und die schönen Schwanzfedern, alles Dinge, die der Henne fehlen. Trotzdem kann auch das nicht das Wesentliche sein, denn bei vielen Tieren gleichen sich die beiden Geschlechter völlig. Wollen wir bei ihnen das Geschlecht feststellen, so müssen wir sie schon innerlich untersuchen, nachschauen, ob sie einen Eierstock oder Hoden enthalten. Denn nur das ist es, was die Geschlechter wirklich und wesentlich unterscheidet, nicht die äußerlich sichtbaren Geschlechtszeichen. Es ist ja auch wohlbekannt, was die Aufgaben jener Teile, die wir die Geschlechtsdrüsen nennen, sind. Man weiß, daß die Henne Eier legt, aus den Eiern sich aber kein Hühnchen entwickelt, wenn sie nicht vom Hahn befruchtet werden. Oder wissen wir das doch etwa nicht alle? Sicher ist, daß es jener berühmte Mathematikprofessor nicht wußte, in dessen Haus ich als junger Student kam. Er hatte sich in seinem Garten eine Hühnerzucht eingerichtet und freute sich auf das Verzehren selbstgezogener junger Hähnchen; nun wollte er von mir wissen, ob er zu dieser Zucht auch einen Hahn gebrauche. Diese schicksalsschwere Frage stellte er aber in lateinisch, damit die anwesenden Familienglieder vom schönen Geschlecht sie nicht hören sollten. Falls also ein Leser die gleichen Zweifel haben sollte wie jener gelehrte Mann, so wollen wir ihm, diesmal in gutem Deutsch, verraten, daß bei den meisten Lebewesen das Ei erst befruchtet werden muß, ehe es sich entwickeln kann. Die Ausnahmen von dieser Regel werden uns später noch begegnen, aber das Huhn gehört nicht dazu.

1.

Jetzt sind wir zunächst begierig zu wissen, was da vorgeht, wenn ein Ei befruchtet wird. Eine gar einfache Frage; und doch müssen wir, um die Antwort darauf verstehen zu können,

erst eine ganze Menge anderer Dinge wissen, zu denen uns nun unser Spulwurm wieder führen soll. Wir konnten ja bereits äußerlich die beiden Geschlechter unterscheiden und können nun einmal nach den inneren Geschlechtsteilen sehen. Das ist in diesem Fall nicht schwer, denn sie nehmen einen größeren Raum im Leibesinnern ein als irgendwelche anderen Teile und wir sahen sie bisher nur deshalb nicht, weil wir sie nicht sehen wollten. Denn sofort beim Aufschneiden des Wurmes quollen fädige Röhren heraus, die den ganzen Leib dicht gepackt angefüllt hatten, die Geschlechtsdrüsen (Abb. 111). Ihre außerordentliche Ausdehnung darf uns nicht weiter wundernehmen. Denn ein solcher Wurm ist letzten Endes nicht viel anderes als ein großer Fortpflanzungsapparat, der unaufhörlich Eier legt und ungeheure Massen, Millionen davon hervorbringt. Diese Erscheinung ist uns nicht unbekannt, wenn wir ein wenig nachdenken. Denn auch ein Fisch ist zur Laichzeit strotzend mit Eiern gefüllt, nicht anders ein Schmetterling, gar nicht von der früher besprochenen Termitenkönigin zu reden.

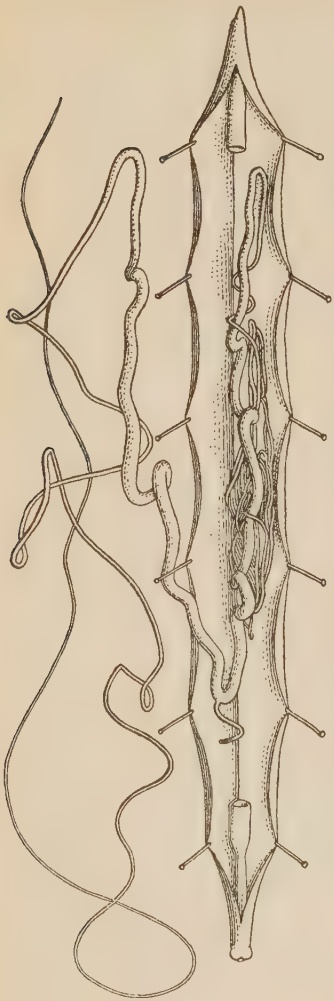


Abb. 111. Weibliche Ascaris, die Geschlechtsdrüse einer Seite ausgebreitet.

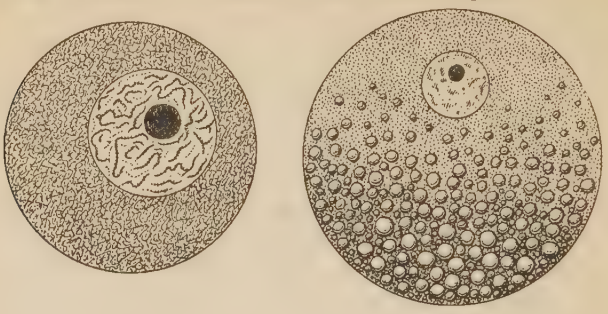
Versuchen wir nun die Geschlechtsdrüsen der Ascaris zu entwirren! Da finden wir beim Weibchen zwei aufgeknäuelte

Fäden von der vielfachen Länge des Tieres, die sich an einem Ende miteinander vereinigen (Abb. 111). Von dieser Stelle führt ein feines Endstück zu einer etwa in der Mitte des Wurmes gelegenen Öffnung. Beim Männchen finden wir aber nur einen langen Faden, der hinten mit dem After ausmündet. An dieser Stelle finden sich noch ein paar ganz feiner Borsten, die zur Körperöffnung herausgestoßen und eingezogen werden können. Untersuchen wir nun jene Fäden oder richtiger Geschlechtsdrüsen näher, so können wir mit Hilfe des Mikroskops feststellen, daß sie aus zwei Hauptabschnitten bestehen. Der innere Abschnitt, der den Hauptteil des Fadens ausmacht, bildet die Zeugungsstoffe, also Eier beim Weibchen, Samen beim Männchen; der äußere aber leitet jene nach außen, wo sie dann durch die Geschlechtsöffnungen entleert werden.

Schnitten wir nun irgendein anderes Tier auf, ein Insekt, einen Fisch, einen Vogel, ein Säugetier, so erschienen uns seine inneren Geschlechtsorgane auf den ersten Blick sehr verschieden von denen des Spulwurmes und so fänden wir sie wohl bei jeder kleinen Tiergruppe andersartig. Untersuchen wir sie dann genauer, so finden wir jedoch, neben manchen Nebenteilen, immer wieder die gleichen Hauptteile vor: die Geschlechtsdrüse, die Eier oder Samen hervorbringt, und die Ausführgänge, die die Zeugungsstoffe zu den Geschlechtsöffnungen führen. Dabei ist klar, daß der wichtigste Teil immer und immer wieder die Geschlechtsdrüsen selbst, Eierstock und Hoden, sind.

Wir benutzten bisher mehrfach die Bezeichnung Zeugungsstoffe, womit volkstümlich oft Eier und Samen bezeichnet werden. Das könnte nun leicht eine falsche Vorstellung erwecken, denn unter Stoffen stellt man sich leicht etwas Ungeformtes, nicht fest Umschriebenes, vor. Deshalb wollen wir uns jetzt auch schleunigst dies unbestimmte Wort abgewöhnen und an seine Stelle die einzig richtige Bezeichnung setzen: Geschlechtszellen. Denn das, was die Geschlechtsdrüsen erzeugen, sind Zellen, richtige Zellen wie alle anderen Zellen des Körpers, die wir schon kennenlernten, Zellen, die wir im weiblichen Geschlecht Eizellen oder Eier, im männlichen Samenzellen nennen.

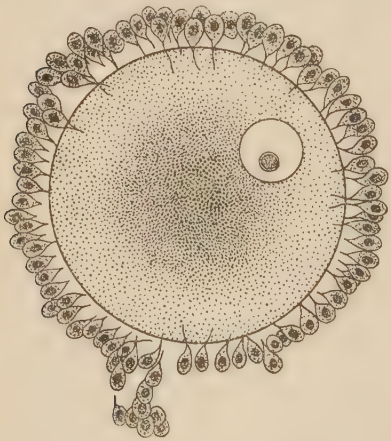
Das erscheint nun zunächst vielleicht erstaunlich und verwirrend. Unter Zellen hatte sich der Leser sehr kleine Körperchen, aus Zelleib und Zellkern bestehend, vorgestellt. Nun soll



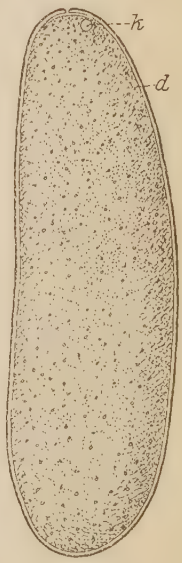
a *b*

Abb. 112. Verschiedene Eizellen. *a* Seestern. *b* Schnecke, mit vielen Dotterkügelchen.

ein Ei eine Zelle sein; bei einem Ei denkt man aber doch zunächst an ein Hühner- oder gar Straußenei. Trotzdem ist es



c



d

Abb. 112. Verschiedene Eizellen. *c* Mensch, dotterfrei, mit einem Kranz von Hüllzellen umgeben, sehr stark vergrößert. *d* Insekt, schwach vergrößert, mit reichlichem Dotter *d* und dem Eikern *k*.

richtig. Bei gar vielen Tieren ist die Eizelle auch eine winzig kleine Zelle wie die meisten anderen Körperzellen; zu diesen Tieren gehört unter anderen der Mensch (Abb. 112). Bei anderen aber, wie bei den Vögeln, belädt sich die ursprünglich auch winzige Eizelle mit ungeheuren Vorräten an Nährstoffen, von denen das zukünftige Lebewesen während seiner Entwicklung zehren soll. Solche Stoffe nennen wir Dotter und seine Ansammlung läßt das Vogelei oder Haifischei oder Eidechsenei oder Insektenei so groß erscheinen. Das, was im Hühnerei als Eigelb erscheint, ist eine Zelle, die sich im Übermaß mit Nährstoffen beladen hat, wie sie das Ei eines Menschen oder Elefanten nicht benötigt, da alle Nahrung dem sich entwickelnden Wesen vom Mutterleib geliefert wird (Abb. 113). Wie aber mit der Eischale und dem Eiweiß des Hühnereies? Nun, die bitte ich, lieber Leser, dir aus dem Kopf zu schlagen. Das sind Dinge, die zum Schutz um die zarte Eizelle herumgelagert werden und vielen tierischen Eiern zukommen. Aber sie haben nichts mit der eigentlichen Eizelle zu tun, so wenig wie ein Pelzmantel mit seinem Träger.

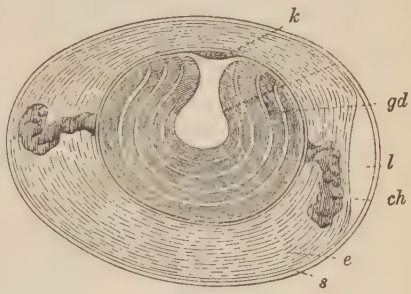


Abb. 113. Hühnerei. *k* die den Kern enthaltende Keimscheibe, *gd* der gelbe Dotter, *e* das die Eizelle umgebende Eiweiß, *s* die Eischale, *ch* Hagelschnüre, *l* Luftraum.

Genau so, wie der Eierstock Eizellen erzeugt, so bringt der Hoden Samenzellen hervor. Das, was man volkstümlich den Samen nennt, etwa die sogenannte „Milch" des männlichen Fisches, ist eine Flüssigkeit, in der Millionen von winzigen Samenzellen schwimmen. Von Haus aus sehen solche Samenzellen aber nicht anders aus wie etwa Hautzellen oder junge Eizellen. Wir erinnern uns nun von den Muskeln und Nervenzellen her, daß Zellen die Fähigkeit besitzen, alle möglichen Gestaltungen dauernd anzunehmen, je nachdem was ihre Auf-

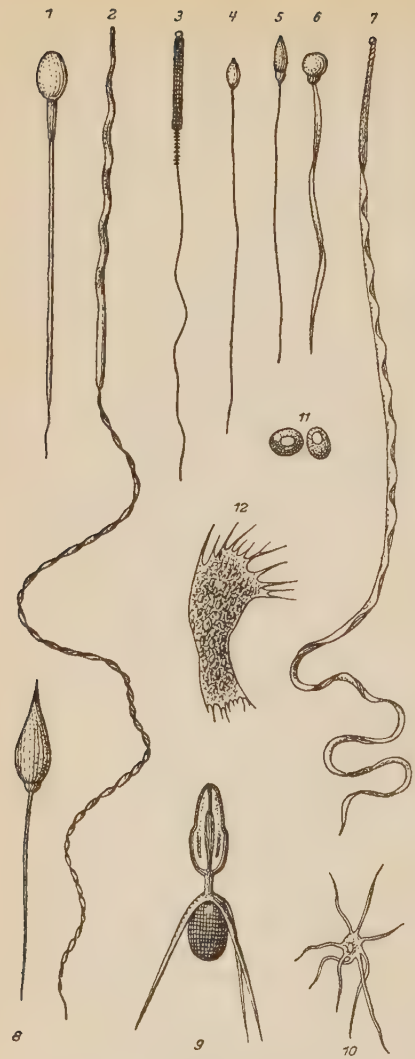


Abb. 114. Verschiedene Samenzellen. *1* Mensch, *2* Rochen, *3* Moewe, *4* Schnecke, *5* Qualle, *6* Hecht, *7* Käfer, *8* Lungenfisch, *9* Krebs, 10 Fadenwurm, *11*, *12* Krebschen.

gaben erfordern: die Hautzelle war wie ein Baustein geformt, die Muskelzelle wie eine lange Faser. So nimmt denn auch die Samenzelle eine zu ihrer Aufgabe passende Form an. Diese Aufgabe aber besteht darin, zu der Eizelle zu gelangen und in sie einzudringen; denn das ist die Befruchtung. Da dies Eindringen meist in einer feuchten Umgebung erfolgt, so besitzen die meisten Samenzellen eine Form, die es ihnen erlaubt, sich in solcher Umgebung zu bewegen und sich in die Eizelle einzubohren. Die Zelle nimmt etwa die Form eines winzigen Fädchens an, das sich wie ein Wurm hin- und herschlängeln, so zur Eizelle gelangen und mit dem spitzen Vorderende in sie einbohren kann (Abb. 114). Diese Samenzellen oder Samenfäden, die bei einem Elefanten ebenso mikroskopisch klein sind wie bei der winzigsten Schnecke, werden in

außerordentlichen Massen im Hoden erzeugt und dann, von der Samenflüssigkeit umgeben, nach der männlichen Geschlechtsöffnung ausgeleitet.

2.

Eine Voraussetzung dafür, daß die Samenzelle in die Eizelle zur Befruchtung eindringen kann, ist, daß eine natürliche Möglichkeit gegeben ist, daß beiderlei Geschlechtszellen auch zusammentreffen können. Dies Ziel wird bei vielen Tieren allerdings in sehr einfacher Weise erreicht. Sie erzeugen eine geradezu ungeheuerliche Menge von Eiern und Samenzellen, die in das umgebende Wasser entleert werden. Der Strömung und den Wellen bleibt es dann überlassen, die Geschlechtszellen zusammenzuführen. So machen es etwa, sehr zur Freude des Forschers, die Seeigel, von denen wir schon öfters sprachen. Sie geben uns damit ein bequemes Mittel an die Hand, die feineren Vorgänge bei der Befruchtung zu untersuchen. Wir nehmen einen männlichen und weiblichen Seeigel, schneiden sie auf, schütteln die Eier und die milchige, mit Samenfäden gefüllte Samenflüssigkeit heraus, mischen sie in einem Schälchen mit Seewasser und beobachten unter dem Mikroskop alles Weitere (Abb. 115). So wurden vor nicht einmal einem halben Jahrhundert die feineren Vorgänge der Befruchtung entdeckt und seitdem ist das stachelige Seetier eines der beliebtesten Haustiere des Naturforschers, das ihm immer wieder seine nie endenden Fragen beantwortet. Aber auch Tiere, die uns meist besser bekannt sind als die Seeigel, machen es sich ebenso leicht mit der Befruchtung, nämlich die meisten Fische. Allerdings sichern sie den Erfolg meistens dadurch, daß sich zur Fortpflanzungszeit einzelne Pärchen oder auch ganze Schwärme an bestimmten Plätzen zusammenfinden und dann ihre Geschlechtszellen gleichzeitig entleeren. Auch hier macht sich der Mensch die Einrichtungen der Natur zunutze; allerdings weniger aus Wißbegier als aus Eßbegier. In Fischzuchtanstalten werden mit Daumen und Zeigefinger die Eier oder Rogen aus dem Weibchen herausgepreßt, „abgestreift“ und

darüber in einer Schüssel der ebenso dem Männchen abgestreifte Samen gegossen; die aus solcher künstlichen Besamung sich entwickelnden Fischchen können dann leicht in größten Massen aufgezogen werden. Der gierige Mensch zieht aber auch seinen Nutzen aus der Schwarmbildung mancher Fische, die der Eiablage vorausgeht. So vereinigen sich die Heringe in ungezählten Tausenden zu Zügen, die die alten Laichplätze irgendwo im Weltmeer aufsuchen; unterwegs aber lauert der Fischer, sie schiffsladungsweise einzuheimsen. Oder aber der Lachs verläßt, wenn die Fortpflanzungszeit

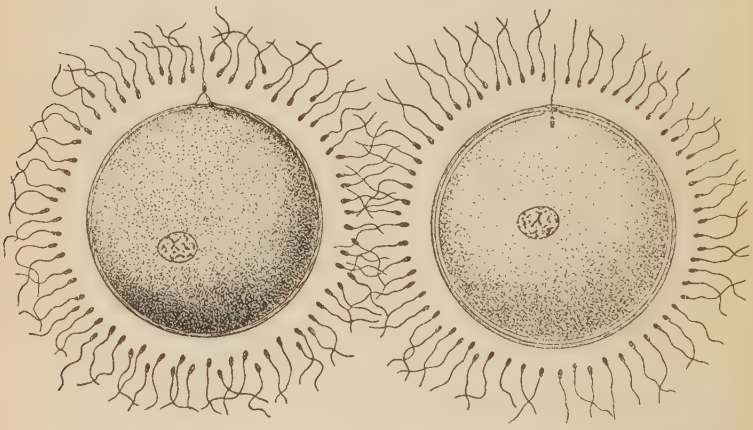


Abb. 115. Besamung des Seeigeleies. Links eine Samenzelle im Begriff, in das Ei einzudringen, rechts ist sie eingedrungen.

naht, das heimische Meer und steigt die Flüsse hinauf, um weitab von seiner Wohnstätte, in der Flüsse Oberlauf, seine Eier abzusetzen. Auch ihm lauert der Angler auf, dem das wohlschmeckende Fleisch wahrscheinlich wichtiger erscheint als alle Weisheit über Geschlechtszellen und Befruchtung.

Das war nun eine Befruchtung außerhalb des mütterlichen Körpers, bei der mehr oder minder viel vom Erfolg dem Zufall überlassen bleibt. Wir kennen aber auch mancherlei Tiere mit äußerer Befruchtung, die das Schicksal ihrer Nachkommenschaft nicht dem Zufall anheimstellen, sondern selbst in geeigneter Weise für den Erfolg der Befruchtung sorgen.

Wenn die Frühlingswärme die Frösche aus ihrem Winterschlaf erweckt hat und abends die Männchen im Teich ihr Lied singen, findet der Sammler sie meist zu Pärchen vereinigt. Das Männchen hockt tagelang auf dem Rücken des Weibchens, es fest umklammernd. Wenn dann das Weibchen beginnt, seine Eiklumpen abzulegen, so spritzt das Männchen gleichzeitig seinen Samen darüber, der die Eier befruchtet, so daß sich aus ihnen die zappelnden Kaulquappen entwickeln können.

Da fällt uns etwas auf. Seeigel, Fisch, Frosch, das sind alles im Wasser lebende Tiere, und so möchte es scheinen, als ob die Befruchtung außerhalb des Körpers etwas mit dem Leben im Wasser zu tun habe. Das trifft wirklich auch zu, und zwar aus diesem Grunde: Das Leben der Zelle ist an den Besitz der nötigen Feuchtigkeit gebunden; trocknet die Zelle aus, so bedeutet es Tod, eine Regel, von der nur sehr wenige Ausnahmen vorhanden sind: so können manche Arten pflanzlicher Samen Jahrhunderte liegen, ohne zu sterben, und manche Arten winziger Wassertierchen können völlig austrocknen und bei Anfeuchtung wieder aufleben. Ei und Samenzelle sind aber besonders weiche und zarte Gebilde, die schon ein schwaches Austrocknen tötet. Wenn sie sich also nicht im Wasser treffen können, so kann es nur in einer feuchten Umgebung sein. Eine solche bilden aber die weichen Schleimhäute der Ausführwege des weiblichen Geschlechtsapparates. So müssen Landtiere, mit Ausnahme einiger Tropentiere, die in den triefend nassen Urwäldern genügend Feuchtigkeit für äußere Befruchtung finden, eine innere Befruchtung besitzen, die in den Ausführwegen der weiblichen Geschlechtsdrüse stattfindet. Selbstverständlich gilt nicht das Umgekehrte; viele Wassertiere haben auch eine innere Befruchtung, nämlich solche, bei denen auch die Entwicklung der Nachkommen im Mutterleib vor sich geht oder solche, bei denen die abgelegten Eier von einer festen, für die Samenfäden undurchdringlichen Hülle geschützt sind. Da diese Schalen im Mutterleib gebildet werden, so muß die Befruchtung vorausgegangen sein. Daraus folgt denn auch weiterhin, daß Eier von Landtieren, wie die von Würmern, Schnek-

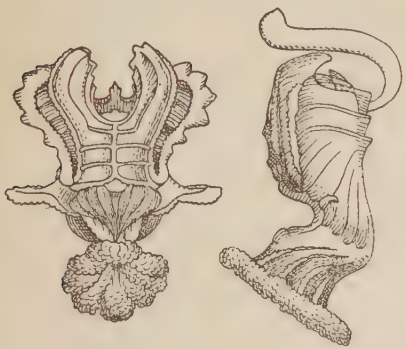
ken, Eidechsen, Schlangen, Vögeln von einer vor dem Austrocknen schützenden Schale umgeben sind. Die Samenzelle aber ist stets vor der Ablage schon ins Ei gedrungen.

3.

Wie kommt nun die Samenzelle zu der im Innern des weiblichen Tieres gelegenen Eizelle? Wir haben jetzt wohl zur Genüge erfahren, wie vielseitig die Natur in ihren Mitteln ist, wie ein und dasselbe Ziel auf den allerverschiedensten Wegen erreicht werden kann, Wegen, die uns gar oft nicht als die einfachsten und zweckmäßigsten erscheinen. So auch hier. Da ist wohl der merkwürdigste der, daß die Samenzellen sozusagen in ein Paket gepackt und an ihren Bestimmungsort geschickt werden. Die Beförderung geschieht jedoch auf allerlei merkwürdige Weisen. Da sind einmal die unter Steinen hausenden Tausendfüße und die Molche des Teiches, die sich trotz ihrer großen Verschiedenheit in diesem Punkte ähnlich benehmen. In der Fortpflanzungszeit formt sich im Endteil des männlichen Geschlechtskanals eine Kapsel, die mit Samenzellen angefüllt und verschlossen wird (Abb. 116). Sie ist natürlich das Werk besonderer Drüsen. Diese Kapsel wird nun vom Männchen unter besonderen Zeremonien — man spricht von einem Hochzeitsspiel — in den Sand abgesetzt. Dann kriecht das Weibchen über die Samenkapsel hinweg und nimmt sie dabei in das Ende ihres Geschlechtskanals auf. Dort löst eine Drüsenabscheidung die Kapsel auf, und die Samenzellen können sich auf der weichen feuchten Haut des Kanals zu den Eizellen hinbewegen.

Bei anderen Tieren, deren Männchen ebenfalls solche Samenpakete hervorbringen, ist in ganz anderer Weise für ihre Ablieferung gesorgt. Bei gewissen Blutegeln erfolgt sie in einer recht unsanften Weise. Die Samenkapsel hat bei ihnen die Form eines spitzen Hemdknöpfchens, und das männliche Tier rennt sie mit dem spitzen Ende dem Weibchen in die Flanke (Abb. 117). Die im Körperinnern des Weibchens dann austretenden Samenzellen müssen sich ihren Weg quer durch die Gewebe des Körpers suchen, bis sie zu

den Eizellen gelangen. Die Eigenart dieses Vorganges wird aber noch von der Befruchtungsart mancher Tintenfische übertroffen, einer Tiergruppe, von der wir auch sonst allerlei Interessantes hörten. Wir erinnern uns noch ihrer mit Saugnäpfen besetzten Fangarme, die den Mund umgeben und mit festem Griff die Beute festhalten. Zur Fortpflanzungszeit wandelt sich nun bei den Männchen der betreffenden Arten ein einzelner Arm in einen hohlen Samenbehälter um, der dann mit Samenkapseln angefüllt wird (Abb. 118). Die so umgewandelten Arme werden dann dem Weibchen angeheftet, brechen ab und leben dann noch eine Zeitlang in der Mantelhöhle des Weibchens, um die Samenpakete ab-



a *b*

Abb. 116. Samenkapseln eines Molches, *a* von der Fläche und *b* von der Seite gesehen.

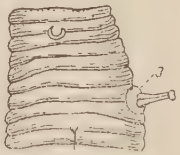


Abb. 117. Stück der Bauchseite eines Wasserblutegels, an die rechts die Samenkapsel (*3*) angeheftet ist.

zuliefern. Als man sie zuerst fand, hielt man sie für ganz selbständige Lebewesen und gab ihnen sogar einen schönen Tiernamen!

Das sind zweifellos interessante Einrichtungen zur Ermöglichung einer inneren Befruchtung. Aber ihresgleichen ist doch recht selten im Vergleich mit dem üblichen Weg der direkten Begattung. Sie besteht darin, daß die Samenzellen unmittelbar aus den Ausführwegen der männlichen Geschlechtsdrüsen in die weiblichen Ausführgänge eingeführt werden. Um das mit Sicherheit zu ermöglichen, finden sich bei der Mehrzahl der Tiere oft recht verwickelte Begattungsapparate ausgebildet. Im männlichen Geschlecht erfüllt die

Einrichtung ihre Aufgabe meist derart, daß der Endteil des Samenkanals vorgestülpt und in die weibliche Öffnung eingeführt werden kann. Dazu kommen oft allerlei Hilfsapparate, wie Zangen und Haken zum Festhalten des Weibchens. Bei manchen Insekten haben gerade sie sogar manchmal eine so feine Ausbildung, daß man nach ihrer Form und Anordnung die Art bestimmen kann (Abb. 119). Das hat denn auch

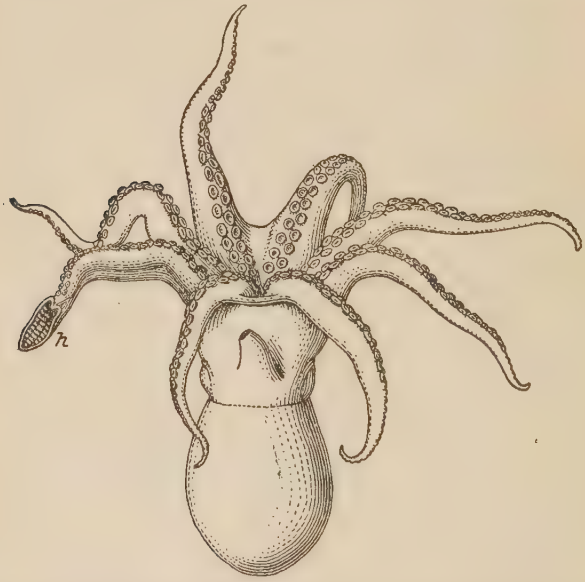


Abb. 118. Tintenfisch mit dem zum Samenträger umgewandelten Arm *h*.

zur Folge, daß die Vereinigung nur bei gleichen oder ähnlichen Arten erfolgen kann.

Die Vereinigung zum Zweck der Begattung erfordert als selbstverständliche Voraussetzung, daß die Pärchen sich auch richtig zusammenfinden. Das erscheint uns nicht weiter bemerkenswert, wenn wir etwa an einen Hirsch denken, der mit seinen Augen vor allem die Kuh auffindet, oder an die Art, wie ein Hahn die Henne findet. Ist es aber auch bei einem Schmetterling so selbstverständlich? Vielleicht erinnern

wir uns, früher schon einmal gehört zu haben, daß es hier der Geruchssinn ist — der aber auch bei den höchsten Tieren eine nicht unbeträchtliche Rolle bei der Vereinigung der Geschlechter spielt — der das Männchen zum Weibchen heranzieht; daß sich auf Flügeln und Leib der Weibchen besondere Duftorgane befinden, deren Geruch die Männchen meilenweit bemerken und der gelegentlich so stark ist, daß auch unsere armseligen Riechorgane ihn wahrnehmen

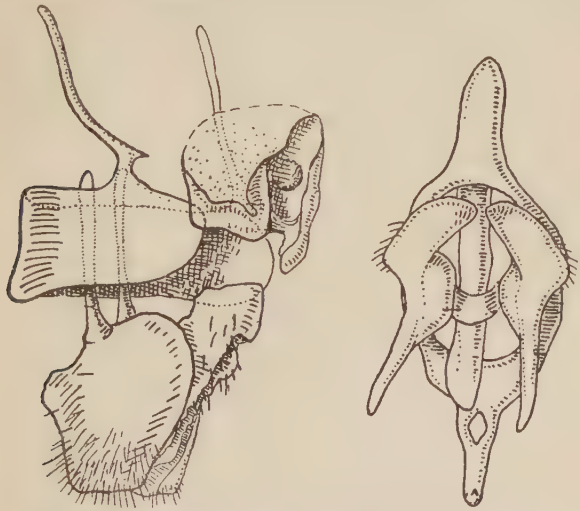


Abb. 119. Begattungsapparat eines Schmetterlings. Links Weibchen, rechts Männchen.

(Abb. 120). Bei dieser Gelegenheit sollten wir auch nicht der Tiere aus der ewigen Nacht der Tiefsee vergessen, deren Augen und Leuchtorgane uns früher mancherlei Interessantes lehrten. Wie wohl bei ihnen die Geschlechter sich finden? Vielleicht hat jener Forscher recht, der annahm, daß die bunten Lichter auf ihrem Körper, die die Formen des Tieres als Bild bunter Lämpchen erscheinen lassen, den Geschlechtern helfen, sich gegenseitig zu erkennen. Wer aber wird das wohl je beweisen können?

Wir brauchen übrigens gar nicht bis in die Nacht der Tiefsee hinabzusteigen, wenn wir nach Verhältnissen suchen, in

denen die Annäherung der Geschlechter auf Schwierigkeiten stößt. Auch unser Spulwurm lebt ja in ewiger Nacht. Allerdings finden sich im Darm in der Regel gleichzeitig eine große Anzahl vor, die sich mit Hilfe ihrer Tastsinnesorgane gegenseitig aufspüren können, um zur Vereinigung zu schreiten, bei der sich das eingekrümmte Hinterende des Männchens um die Mitte des Weibchens schlingt, und die vorher erwähnten Borsten des männlichen Hinterendes die Verbindung der Geschlechter bewerkstelligen. Sollte es aber vorkommen, daß sich einmal nur ein einziger Wurm in einem Darm findet, dann kann ihm keine Macht

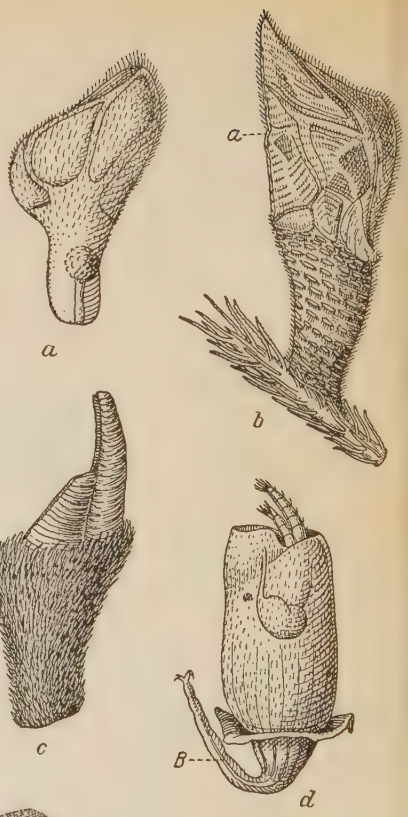


Abb. 121. *a* ein stärker vergrößertes Zwergersatzmännchen. *b* Ein Rankenfußkrebs mit bei *a* ansitzendem Zwergersatzmännchen. *c* Weibchen eines anderen derartigen Krebses. *d* das zugehörige Zwergmännchen, das mit dem Stiel *B* im Weibchen feststeckt.

Abb. 120. Indischer Schmetterling mit einem vorstreckbaren Duftpinsel.

der Welt zur Fortpflanzung verhelfen. Manche Schmarotzer oder andere Tierformen, deren Lebens-

weise es mit sich bringt, daß sie in Gefahr sind, vereinzelt bleiben zu müssen, entziehen sich dem dadurch, daß von frühester Jugend an das Männchen zeitlebens mit dem Weibchen vereinigt bleibt. Bei manchen festsitzenden Meerestieren haften die Männchen wie Schmarotzer an dem Weibchen (Abb. 121), bei einem Wurm, der im Blut des Menschen schmarotzt und eine böse Krankheit hervorruft, trägt das Männchen zeitlebens das Weibchen in einer Rinne seines Körpers umher (Abb. 122); alles aber übertrifft jener Meereswurm, dessen

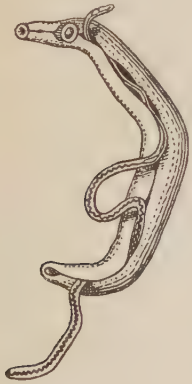


Abb. 122. Der Wurm Schistosomum. Das dicke Männchen trägt das schlanke Weibchen in einer Rinne.

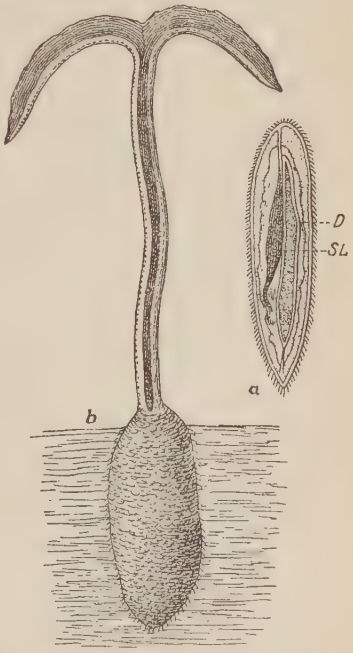


Abb. 123. Der Wurm Bonellia. *b* Das Weibchen ungefähr in Lebensgröße, *a* das stark vergrößerte Männchen, *D* rückgebildeter Darm, *SL* Samenleiter.

weibliche Tiere pflaumengroße Säcke darstellen, an denen ein langer, bandförmiger Rüssel hängt, während die Männchen mikroskopisch kleine Wesen sind, die zeitlebens im Geschlechtsapparat des Weibchens schmarotzen (Abb. 123). So ist denn immer in irgendeiner einfachen oder unerwarteten Weise für die richtige Vereinigung der Geschlechter vor-

gesorgt: die Fortpflanzung ist ja das Endziel tierischen Lebens.

Muß nun noch besonders hervorgehoben werden, welchen Einfluß die Notwendigkeit der Vereinigung der Geschlechter zur Fortpflanzung auf die gesamte Gestaltung des Lebens so vieler Tierarten ausübt, besonders, wenn sich dann dieser Notwendigkeit als zweite die Sorge für die Nachkommenschaft zugesellt? Ein jedes Kind kennt das Zusammenleben eines Tauben- oder Schwalbenpärchens; wir alle wissen von den Kämpfen der Hirsche zur Brunftzeit, von dem Hochzeitsflug der Bienenkönigin mit den Drohnen, von der Vorstellung, die der verliebte Pfau oder Truthahn seinem Weibchen gibt. Unendliche Dinge ließen sich über die Beziehungen der Geschlechter und ihre Bedeutung für das Leben verschiedener Tierarten erzählen. Aber das ist ein so beliebter Gegenstand aller möglichen mehr oder minder ernst zu nehmenden Bücher, daß wir hier von weiteren Berichten absehen können. Uns bleibt ohnehin noch mancherlei zu tun übrig.

4.

Wir wissen, daß das die Geschlechter wesentlich Unterscheidende die Geschlechtsdrüse ist. Wir wissen aber auch, daß man meist die Geschlechter an gewissen äußeren Geschlechtszeichen erkennt, am Geweih des Hirsches, den Sporen des Hahnes usw. Nun ist es uns ferner aus dem täglichen Leben bekannt, daß junge Tiere meist diese äußeren Zeichen noch nicht erkennen lassen, obwohl sie geschlechtlich verschieden sind, und daß andererseits sich alte Tiere (auch Menschen) oft dem Aussehen des anderen Geschlechts nähern. Das legt die Frage nahe, welcher Art wohl die Beziehungen zwischen Geschlechtsdrüse und äußeren Geschlechtszeichen sein mögen. Einige Auskunft geben uns da auch bereits die Erfahrungen des täglichen Lebens. Denn wir wissen vom Beispiel des Ochsen oder Wallachen, daß kastrierte Männchen die Eigenschaften ihres Geschlechts nicht zur Entwicklung bringen. Es muß also von der Geschlechtsdrüse selbst ein geheimnisvoller Einfluß ausgehen, der zur Entwicklung der äußeren Geschlechtszeichen nötig ist.

Es sind uns nun im Reich des Lebendigen allerlei Erscheinungen bekannt, die uns auf die richtige Fährte führen können. Wer hat nicht schon von der Schilddrüse gehört, deren übermäßige Entwicklung den Kropf hervorruft? Gelegentlich kommt es nun vor, daß sie bei einem Individuum mangelhaft entwickelt ist oder gar fehlt; dann ist der ganze Körper und besonders auch das Gehirn nicht zur richtigen Ausbildung befähigt, und das Ergebnis ist ein Idiot (Abb. 124). Wird diesem Körper aber dann künstlich der fehlende Schild-

Abb. 124. Kretins durch Schilddrüsenmangel.

drüsenstoff zugeführt, so kann die normale Entwicklung wieder hergestellt werden. Die Schilddrüse verfertigt also einen Stoff oder, wie man gewöhnlich sich ausdrückt, sie besitzt eine innere Ausscheidung, die zur Vollendung einer richtigen Entwicklung notwendig ist. Heute kennen wir eine ganze Anzahl von Drüsen mit innerer Ausscheidung, die ihnen oft auch nur neben ihren anderen Aufgaben zukommt, die für diese oder jene Betätigung des Lebens unerläßlich ist. Solche sind die Nebenniere, die Unterhirndrüse, die Bauchspeicheldrüse, die Leber. Genau das gleiche gilt nun, wenigstens bei den höheren Wirbeltieren, für die Geschlechtsdrüse.

Ihre Hauptaufgabe ist es bekanntlich, Geschlechtszellen zu erzeugen. Daneben aber verfertigt sie mit Hilfe besonderer Zellen eine Ausscheidung, die unerläßlich ist für die richtige Entwicklung der äußeren Geschlechtszeichen. Wie man

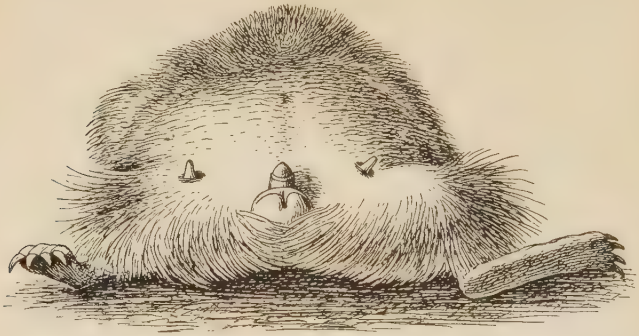


Abb. 125 a. Männliches Meerschweinchen, dem Eierstöcke eingepflanzt wurden, mit starker Zitzenentwicklung.

das wohl beweisen kann? Etwa folgendermaßen: Junge Ratten oder Meerschweinchen wurden kastriert. Dann entwickelten sie späterhin die äußeren Geschlechtszeichen nicht

Abb. 125 b. Ein solches männliches Tier, Junge säugend.

oder nur unvollkommen. Entfernte man aber einem Männchen die Hoden und setzte ihm dafür Eierstöcke ein, so nahm es später völlig das Aussehen eines Weibchens an und benahm sich auch wie ein solches (Abb. 125). Ähnliche Versuche kann man auch an Geflügel ausführen, dessen Ge-

schlechtsverschiedenheit im Gefieder leicht in die Augen springt. Kastrierte Hennen oder Enten nehmen dann auch ohne

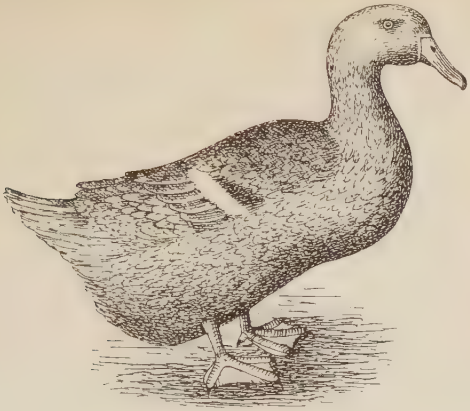


Abb. 126 a. Weibliche Ente.

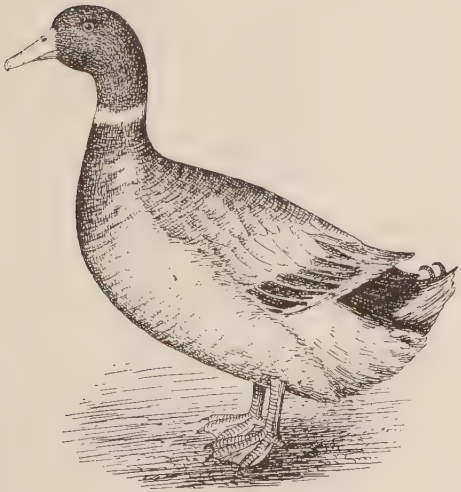


Abb. 126 b. Männliche Ente.

Einpflanzung eines Hodens das männliche Aussehen und Gefieder an, werden „hahnenfedrig" (Abb. 126). Ich erinnere mich, wie einmal ein Kollege eine Ente zum Zweck solcher

Versuche kastriert hatte und ich ihr einen Platz in meiner eigenen Entenzucht gewährt hatte. Als ich einige Zeit später meine Tiere kontrollierte, bemerkte ich unter den Enten einen Erpel, der nicht bei den getrennt gehaltenen Weibchen sein durfte. Als ich dem Wärter wegen seiner vermeintlichen Unaufmerksamkeit Vorwürfe machte, erklärte er mir, ich hätte das Tier selbst hineingesetzt. Beim Nachschauen des Nummerringes ergab es sich dann, daß es die kastrierte Ente

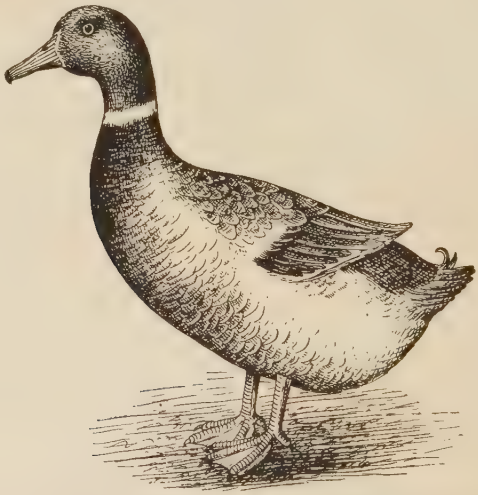


Abb. 126 c. Kastriertes Weibchen, das männliches Gefieder angelegt hat.

war, die inzwischen ein völlig männliches Aussehen angenommen hatte.

Merkwürdigerweise ist diese enge Wechselbeziehung zwischen Geschlechtsdrüse und äußeren Geschlechtszeichen nicht im ganzen Tierreich anzutreffen. Bei Insekten, besonders Schmetterlingen, kann man nämlich nachweisen, daß die beiden Dinge völlig unabhängig voneinander sind. Bei einem bekannten Obstbaumschädling, dem Schwammspinner, sind äußerlich die Geschlechter sehr verschieden; zu einem großen weißen Weibchen gehört ein kleines graubraunes Männchen (Abb. 127). Diesen Schmetterling hat man zu Versuchen benutzt, die genannte Tatsache zu beweisen. Zunächst wurden

jungen Raupen die Geschlechtsdrüsen herausgeschnitten. Die Falter, die sich aus solchen kastrierten Raupen entwickelten, besaßen dann natürlich keine Geschlechtsdrüsen, sahen aber in ihren äußeren Geschlechtszeichen völlig normal wie richtige Weibchen und Männchen aus. Dann führte man bei anderen Raupen wieder die gleiche Operation aus, vertauschte dann aber die Geschlechtsdrüsen, setzte also der männlichen Raupe an Stelle der herausgenommenen Hoden einen Eierstock ein, entsprechend der weiblichen Raupe einen Hoden. Dann wurden aus solchen Raupen Falter erhalten, die andere Geschlechtsdrüsen besaßen, als sie eigentlich haben sollten.

Abb. 127. Schwammspinner, links Weibchen, rechts Männchen.

Trotzdem zeigten sich äußerlich alle Zeichen des ursprünglichen Geschlechts. Ein Tier mit dem Leib voller Eier sah ganz männlich aus, ein anderes mit einem Hoden im Innern ganz weiblich. Die äußerlichen Geschlechtszeichen entwickelten sich also so, wie es einmal festgelegt war, unabhängig davon, was die Geschlechtsdrüse tat.

5.

Unerschöpflich ist die Fülle der Probleme und Tatsachen, die sich auf Geschlecht, Befruchtung, Fortpflanzung beziehen. Nur eine kleine Auswahl und nicht viel mehr als Andeutungen können wir aus all dem geben. Da sind etwa ein paar Fragen, die sich uns aufdrängen, die: Sind stets bei den Tieren die beiden Geschlechter auf zwei Individuen verteilt oder gibt es auch solche, bei denen ein Wesen beiderlei Geschlechts ist? Muß es überhaupt stets zwei Geschlechter geben

oder kann sich nicht auch ein Ei ohne Befruchtung entwickeln? Gibt es nicht auch geschlechtslose Tiere, die sich auf irgendeine andere Art als durch Eier fortpflanzen?

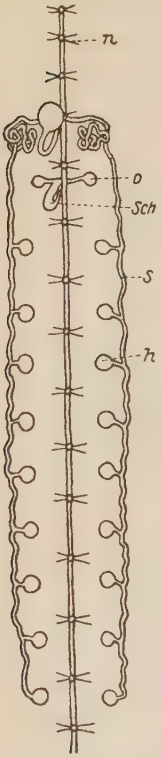


Abb. 128. Geschlechtsorgane eines Blutegels. *h* Hoden, *S* Samenleiter, *o* Eierstock, *Sch* Scheide, *n* Nervenstrang.

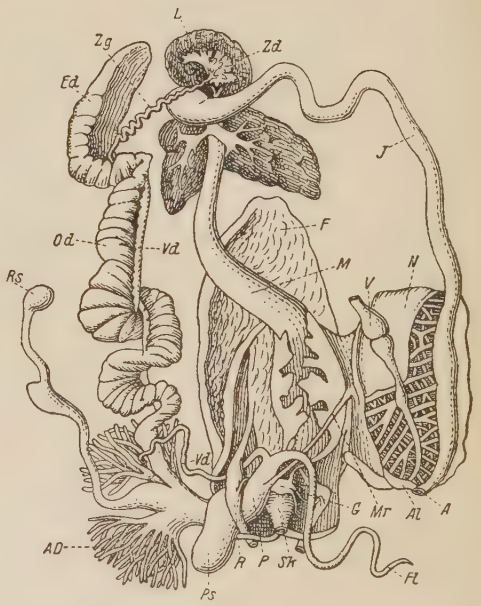


Abb. 129. Anatomie einer Schnecke, um den verwickelten Geschlechtsapparat zu zeigen. *Zd* Zwitterdrüse, *Zg* Zwitterdrüsengang, *Ed* Eiweißdrüse, *Od* Eileiter, *Vd* Samenleiter, *Rs* Samenbehälter, *Ad* Anhangsdrüse, *Ps* Penisscheide, *P* Penis, *Fl* Peitschenanhang, *L* Leber, *F* Fuß, *M* Mitteldarm, *V* Herz, *J* Darm, *Sk* Schlundkopf, *Al* Atemloch, *G* Gehirn, *A* After, *Mr* Muskel, *R* Fühlertasche, *N* Niere.

Was die erste Frage betrifft, so ist es wohl allgemein bekannt, daß unter höheren wie niederen Tieren, ja gelegentlich auch einmal beim Menschen, einzelne Individuen als sogenannte Naturwunder vorkommen, die beiderlei Geschlechtsorgane im gleichen Körper vereinigen und deshalb Zwitter

genannt werden. Solche Ausnahmszwitter sind aber nicht fortpflanzungsfähig. Es gibt aber auch ganze Tiergruppen, die stets zwittrig sind, bei denen also jedes Einzelwesen gleichzeitig männlich und weiblich ist. So sind etwa die Regenwürmer Zwitter, ebenso die Blutegel (Abb. 128), die Gartenschnecken und die Wegschnecken (Abb. 129); jedes Einzeltier betätigt sich hier bei der Fortpflanzung tatsächlich gleichzeitig als Männchen und Weibchen. Wenn also etwa zwei Weinbergschnecken zur Fortpflanzung schreiten — im Frühjahr könnt ihr das leicht selbst beobachten —, so finden sie sich in eigenartiger Weise derart zusammen, daß jede die andere als Männchen begattet und als Weibchen gleichzeitig von der anderen begattet wird; jede legt später befruchtete Eier ab (Abb. 130). Teilweise haben sie auch die Fähigkeit der Selbstbegattung, wovon sie mehr oder minder häufig Gebrauch machen. Merkwürdigerweise ist letzteres bei den Zwittern gar nicht sehr häufig; gewisse, im Meere festgewachsen lebende Krebstiere tun es regelmäßig und von bekannteren, wenn auch nicht sehr geschätzten Tieren, die Bandwürmer. Die Seltenheit dieses Vorkommens ist eine recht merkwürdige Tatsache, über die sich die Naturforscher viel den Kopf zerbrochen haben. Es muß ihr eine größere Bedeutung zukommen angesichts der Tatsache, daß bei manchen Zwittern, deren Eier künstlich befruchtet werden können, die Besamung mit dem Samen eines anderen Einzeltieres stets gelingt, nie aber mit dem eigenen Samen. Da ähnliches auch im Pflanzenreich vorkommt, so scheint es, daß unter gewissen Umständen Selbstbefruchtung schädlich sein muß und deshalb von der Natur verhindert wird.

Abb. 130. Liebesspiel der Weinbergschnecke vor der Begattung.

Eine sehr häufige Erscheinung ist es, daß Zwitter nicht gleichzeitig als Männchen und Weibchen in Tätigkeit sind, sondern daß sie erst eine Zeitlang Männchen spielen, und dann für den Rest ihres Lebens nur noch Weibchen sind. So gibt es gewisse Krebse, die in ihrer Jugend als Männchen frei im Meer herumschwimmen, die Weibchen aufsuchen und begatten. Nach einer gewissen Zeit setzen sie sich aber als Hautschmarotzer auf anderen Tieren fest, wandeln ihren ganzen Körperbau völlig um und werden dabei zu Weibchen, die sie auch bleiben. Es ist wirklich kaum glaublich, wie unerschöpflich die Natur in ihren Einrichtungen ist; man könnte wohl einen ganzen Tag nur von den verschiedenen Arten von Zwittern und ihrer Lebensweise erzählen. Aber wir müssen weiter eilen.

6.

Nun kommen wir zur zweiten Frage, der Entwicklung ohne Befruchtung. Vielleicht ist es euch schon bekannt, daß das etwas recht Häufiges ist; denn zum mindesten wißt ihr, daß die männlichen Bienen oder Drohnen aus unbefruchteten Eiern, durch sogenannte Jungfernzeugung, entstehen. Aber sehr selten ist es, daß die Jungfernzeugung die einzige Fortpflanzungsart ist. Gewöhnlich ist es so, daß solche Tiere sich meist oder zu gewissen Zeiten ohne Befruchtung fortpflanzen. Dann treten aber plötzlich auch Männchen auf, und zwischen die Serie jungfräulicher Genrationen wird dann doch eine Befruchtung eingeschaltet. Terrarienliebhaber kennen wohl die sogenannten Stabheuschrecken, die in warmen Ländern zu Hause sind und wie dürre Äste ausschauen. Bei ihnen findet man meist nur Weibchen, die sich jungfräulich vermehren, und nur ganz selten werden auch Männchen gefunden. Vielleicht ist dem einen oder anderen von euch einmal eines der merkwürdigsten Tiere begegnet, die es bei uns gibt, ein absonderlicher Krebs, Kiefenfuß genannt (Abb. 131). Dieses Wesen, dessen Form man es anzusehen glaubt, daß es einen letzten unzeitgemäßen Rest vorweltlicher Geschöpfe darstellt, kommt nur an ganz gewissen, dem Sammler wohlbekannten Orten vor, in Wasserlachen, die einen Teil des

Jahres über ausgetrocknet sind. Heute treffen wir die Stelle vielleicht noch trocken an, morgen ist sie durch einen Regenguß in eine Lache verwandelt, und in wenigen Tagen wimmelt sie von den Krebschen. Auch sie pflanzen sich meist jungfräulich fort, und Männchen gehören zu den größten Seltenheiten. Die Eier entwickeln sich aber merkwürdigerweise erst, wenn sie im Schlamm eingetrocknet waren und dann wieder angefeuchtet werden.

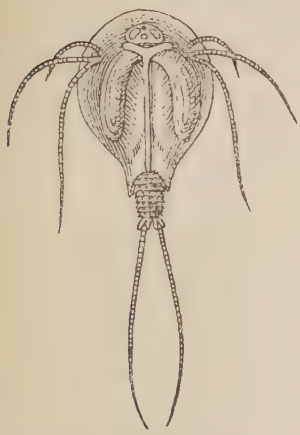


Abb. 131.
Der Kiefenfußkrebs.

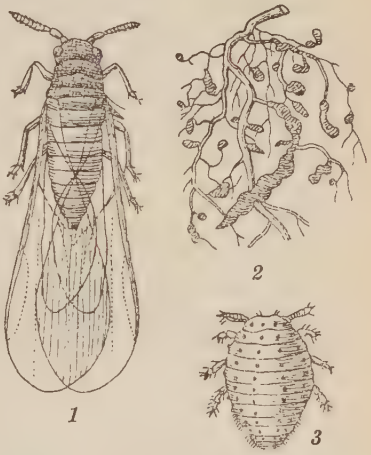


Abb. 132. *1* Geflügeltes Weibchen der Reblaus. *2* Wurzelgallen, der an den Wurzeln lebenden Generation. *3* Flügellose Form.

Wie gesagt, wechselt die Jungfernzeugung gelegentlich in ganz regelmäßiger Weise mit einer Fortpflanzung nach Befruchtung ab, und in solchen Fällen kommt dann etwas zustande, was man einen Lebenskreis nennt. Das bekannteste Beispiel dafür, dem auch eine weitgehende praktische Bedeutung zukommt, sind Blattläuse, Rebläuse und ähnliche Schädlinge unserer Nutzpflanzen. Bei einer Reblaus etwa schlüpft im Frühjahr aus einem Ei, das unter der Erde überwintert hatte, ein Weibchen aus, die Stammutter aller Sommergenerationen (Abb. 132). Sie legt Eier, die sich ohne Befruchtung

entwickeln, und immer wieder nur Weibchen liefern, die ihrerseits das gleiche tun. Die betreffenden Weibchen leben in ganz bestimmter Weise bald an den Wurzeln, bald an den oberirdischen Teilen des Rebstockes und sind oft in aufeinanderfolgenden Generationen auch äußerlich verschieden. Endlich gegen Herbst zu entstehen plötzlich aus jungfräulichen Eiern Weibchen und Männchen: die begatteten Weibchen legen dann befruchtete Eier, die nichts anderes sind als die überwinternden Eier, von denen wir ausgingen.

Vielleicht fällt bei all dem auf, daß aus den befruchteten Eiern immer nur Weibchen ausschlüpfen, aus den jungfräulichen aber im Sommer Weibchen, im Herbst Weibchen und Männchen. Dann erinnern wir uns auch, daß bei der Biene alle befruchteten Eier Weibchen, nämlich Arbeiterinnen und Königinnen liefern, alle jungfräulichen aber Drohnen, d. h. Männchen. Da ist also sichtlich ein Zusammenhang vorhanden zwischen Jungfernzeugung, Befruchtung und Geschlechtsbestimmung. Die Fragen, die dies aufwirft, wollen wir aber noch unterdrücken, da wir sie nicht beantworten können, bevor wir noch allerlei Wichtiges gelernt haben.

Fragen wir uns aber statt dessen noch etwas anderes. Wenn ein und dasselbe Ei, etwa das Ei der Biene, die Fähigkeit hat, sich sowohl nach Befruchtung wie jungfräulich zu entwickeln, so muß es irgend etwas geben, das die gleiche Wirkung auf das Ei hat, wie das Eindringen der Samenzelle, nämlich, es zum Beginn der Entwicklung anzuregen. Könnte man herausfinden, was das ist, so vermöchte man womöglich ein jedes Ei künstlich zu zwingen, sich ohne Befruchtung, jungfräulich zu entwickeln. Das ist denn auch wirklich gelungen. Es zeigte sich, daß es nur gewisser chemischer oder ähnlicher Reize bedarf, um ein Ei zur jungfräulichen Entwicklung zu veranlassen. Wenn die Samenzelle in das Ei eindringt, so ruft sie ganz eigenartige Veränderungen in der Beschaffenheit des Zelleibs hervor, die näher zu beschreiben leider hier nicht möglich ist, da wir da wieder an der Grenze stehen, die nur überschreiten kann, wer genug Physik und Chemie vorher erlernt hat. Es gibt nun Lösungen von Stoffen (und auch einige andere Mittel), die genau die gleichen Zustände

im Ei hervorrufen; behandelt man dann Eier mit solchen, so beginnen sie alsbald die jungfräuliche Entwicklung. Seeigel und Frosch sind, wie so oft, die beliebten Versuchstiere, mit denen dies gelingt. Es ist kein Grund vorhanden, zu bezweifeln, daß es auch bei Säugetieren gelingen würde; aber deren Eier, die tief im Innern des Körpers sich entwickeln, sind schwer zu hantieren, und so hat es noch niemand fertiggebracht, oder halt — einer hat es — — beinahe fertiggebracht. Eines Tages las ich in der Zeitung, daß es dem berühmten Professor soundso in Paris gelungen sei, durch künstliche Jungfernzeugung junge Bären zu erzeugen. Das erstaunte mich einigermaßen, bis mir ein Licht aufging, was dem Zeitungsmann passiert war: das französische Wort für Seeigel bedeutet auch Bärchen!

7.

Nun auch noch zu der dritten Frage, ob es Tiere gibt, die kein Geschlecht haben und sich doch fortpflanzen. Tatsächlich gibt es auch eine ungeschlechtliche Fortpflanzung, also eine Vermehrung, bei der Ei- und Samenzellen nicht beteiligt sind. Meistens ist das einfach eine Teilung des gesamten Tieres in zwei oder mehr Teile, deren jeder sich alsbald wieder zu einem ganzen Tier ergänzt. Wir erinnern uns sicher noch an die mikroskopische Amöbe, die mit ihrem weichen, formlosen Zelleib im Wassertropfen umherkroch und all ihre Vettern, die einzelligen Tiere. Wir fangen ein solches Tierchen aus seinem Wassertropfen und setzen es in eine nahrungsreiche Umgebung. Schon nach wenigen Tagen sind daraus Tausende geworden, alle durch immer wiederkehrende Zweiteilung entstanden. Die ist aber sehr einfach verlaufen. Der Zelleib schnürte sich in der Mitte ein, dann teilte sich der Kern in zwei, der Leib schnürt sich ganz durch, und zwei neue, dem alten gleiche Tierchen sind da (Abb. 133). Vielleicht erinnern wir uns auch an den Süßwasserpolyp, dessen Kunst, seine Nahrung mit vergifteten Pfeilen zu schießen, wir früher bewunderten. Beobachten wir ihn sorgfältig ein paar Tage lang, so sehen wir wohl an seinem schlauchförmigen

Leib seitlich einen warzenartigen Auswuchs auftreten, der größer und größer wird. Bald entwickelt er an seinem freien Ende Fangfäden und erscheint nun als ein kleiner Polyp, der aus der Flanke des Muttertieres herausgesproßt ist. Nach einiger Zeit löst er sich los und beginnt ein selbständiges Leben, während schon wieder neue Knospen am Muttertier gewachsen sind und er selbst auch beginnt, seinesgleichen zu

Abb. 133. Zweiteilung eines Wechseltierchens (Amöbe) in sechs Stadien.

erzeugen. Das nennt man dann eine ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung, die vollständig zur Vermehrung des Tieres genügen würde. Aber merkwürdig genug, es scheint, daß auf die Dauer Lebewesen sich nicht ohne einen geschlechtlichen Vorgang erhalten können. Amöbe wie Polyp mögen sich lange Zeit hindurch durch Teilung und Knospung vermehren, einmal kommt aber auch für sie unfehlbar der Augenblick, wo eine geschlechtliche Fortpflanzung beginnt.

Der Polyp hört auf, Knospen abzustoßen, erzeugt Eier und Samenzellen und pflanzt sich wie jedes andere Tier fort (Abb. 134). Wie soll aber die Amöbe sich geschlechtlich fortpflanzen? Wir hörten doch, daß ihr Leib nur aus einer einzigen Zelle besteht; wie sollte er da Eierstock oder Hoden bilden können? Das kann er nun allerdings nicht; wohl aber vermag er sich selbst in Geschlechtszellen umzuwandeln. Der

Abb. 134. Süßwasserpolypen an einem Algenfaden; der unterste trägt oben ein Ei, unten einen Kranz von Hoden. Der nächste hat zwei Knospen, der oberste hat sich zusammengezogen.

ganze Amöbenleib zerfällt in lauter kleine Zellen, die dann paarweise miteinander wie Ei und Samenzelle verschmelzen, und der erfahrene Mikroskopiker kann versichern, daß das eine wirkliche Befruchtung ist. Daraus entsteht natürlich wieder eine Amöbe.

Hier stehen wir nun wieder vor einem der größten Rätsel des Lebens. Eine Zelle vermag sich immer und immer wieder zu teilen, aus einem Lebewesen werden Millionen. Aber

schließlich ist alle Teilungskraft aufgebraucht. Sie kommt nur wieder, wenn das Leben gewissermaßen von neuem begonnen wird mit der Verschmelzung von zwei Zellen, mit einem Befruchtungsprozeß. Wir sagen da wohl, daß da eine Verjüngung eintritt. Aber wir wollen ruhig gestehen, daß wir uns darunter bis jetzt noch nichts ganz Bestimmtes vorstellen können, wenn auch immerhin etwas mehr als unter dem Jungbrunnen des Märchens. Bevor wir aber daran denken können, das zu verstehen, müssen wir nun endlich erst erfahren, was wirklich im einzelnen bei der Befruchtung vor sich geht.

Zehnter Abschnitt.

Wir müssen diesen Abschnitt mit dem Eingeständnis eines Unrechts eröffnen: wir behandelten bisher eine wichtige Persönlichkeit recht zurücksetzend, die es gar nicht verdiente. Wir erwähnten bisher immer nur so nebenbei den Kern der Zelle, so daß er fast als ein nebensächliches Gebilde erscheinen konnte. Jetzt soll er dafür zu um so höherer Ehre kommen. Denn im winzigen Raum dieses mikroskopisch kleinen Bläschens spielen sich die vielleicht größten Wunder des Lebens ab, und der Forscher, dessen heißes Bemühen es ist, von den Geheimnissen des Lebens den Schleier zu lüften, sieht sich immer wieder genötigt, seine Fragen an dies unscheinbare Gebilde zu richten.

Eines erfährt er da ziemlich leicht; nämlich, daß Leben und Leistungen der Zelle an die Anwesenheit des Kernes gebunden sind. Wir haben schon so oft von der kleinen Amöbe gehört, deren Körper eine einzige Zelle ist. Mit einem feinen Saugröhrchen fischen wir uns eine aus einem Wassertropfen heraus und zerschneiden sie mit scharfem Messer in zwei Stücke, von denen das eine den ganzen Kern enthält, das andere nichts davon. Beide werden nun eine Zeitlang umherkriechen, aber während das kernhaltige Stück Nahrung aufnimmt und verdaut, ist die kernlose Hälfte nicht mehr dazu imstande, und sie geht denn auch bald zugrunde (Abb. 135). Die Anwesenheit des Kernes ist eben für das Leben der Zelle

unbedingt erforderlich. Dies allein zeigt uns schon, daß eine Kenntnis der Tätigkeit des Kernes in der Zelle von grundlegender Bedeutung sein muß. Mit dieser Erkenntnis kehren wir wieder zur Befruchtung zurück und achten nunmehr mehr auf den Zellkern als auf alles andere.

1.

Wir wissen schon, daß bei der Befruchtung die Eizelle mit der Samenzelle verschmilzt. Aber wir stellen uns das wohl nicht richtig vor. Wenn zwei Wassertropfen oder Quecksilberkugeln auf einer Unterlage rollend miteinander zusammentreffen, verschmelzen sie auch, und ein einziger Trop-

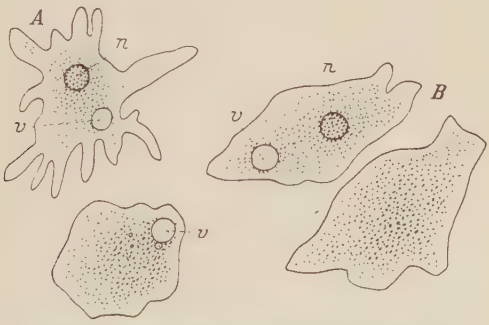


Abb. 135. Durchschneidungsversuch mit einer Amöbe. *n* Kern, *v* zusammenziehbares Nierenbläschen. *A* die Amöbe, *B* die Teilstücke, deren eines den Kern besitzt.

fen entsteht. So ist es aber nicht bei der Befruchtung. Wenn die Samenzelle sich in die Eizelle eingebohrt hat, so verschmilzt wohl ihr bißchen Zelleib mit dem der Eizelle. Aber dann kommt erst die Hauptsache: der Kern der Samenzelle löst sich vom Rest los und wandert, von geheimnisvoller Kraft angezogen, zu dem Kern der Eizelle hin. Hat er ihn erreicht, dann verschmelzen beide zu einem. Das erst ist die wirkliche Befruchtung.

Zunächst erscheint es uns allerdings nicht recht verständlich, warum gerade das die Hauptsache sein soll. Nun, laßt uns einmal ein paar Überlegungen anstellen und einige neue Tatsachen kennenlernen. Welchen Einfluß hat denn die Be-

fruchtung auf das Ei? Natürlich zunächst den, es zu veranlassen, sich zu entwickeln, sich zu teilen und immer wieder zu teilen, bis aus den vielen aus den Teilungen hervorgegangenen Zellen ein junges Lebewesen aufgebaut ist. Sollte dazu der Anstoß etwa durch die Verschmelzung der Kerne gegeben werden? Sicher nicht, denn wir kennen schon Tatsachen, die dagegen sprechen: die Jungfernzeugung, die zeigt, daß das Ei sich auch ohne Befruchtung entwickeln kann, und die künstliche Jungfernzeugung, die zeigt, daß das Ei durch chemischen Anstoß zur Entwicklung gebracht werden kann. Auf noch gar manche Art läßt sich der gleiche Schluß beweisen. So kann man eine Samenzelle in ein Ei eindringen lassen, und sie dann durch ein Betäubungsmittel lähmen, so daß die Kernvereinigung nicht stattfinden kann; das Ei entwickelt sich aber trotzdem. Oder man kann durch die lähmende Wirkung der Radiumstrahlen eine Samenzelle so schwächen, daß sie zwar noch in die Eizelle eindringen kann, aber zu der Vereinigung der Kerne nicht mehr fähig ist. Trotzdem entwickelt sich das Ei. Ja, man kann von einer Eizelle ein Stück Zelleib ohne Kern abschneiden und es befruchten, und obwohl nun gar kein Eikern da ist, mit dem sich der Samenkern vereinigen könnte, entwickelt sich das abgeschnittene und befruchtete Eistück zu einem Tier. Für die Anregung zur Entwicklung ist also die Kernverschmelzung gewiß nicht nötig. Wozu aber dann?

Um die Wiege des Neugeborenen stehen die Tanten und Gevattern und streiten sich, ob das Kind dem Vater oder der Mutter gleicht; eine entdeckt die Augen des Vaters, die andere die Nase der Mutter und so fort. In Wirklichkeit gleicht das Kind natürlich beiden Eltern und wenn auch dieser oder jener hervortretende Zug von einem der Eltern zu kommen scheint, so haben doch bei Berücksichtigung aller Einzelzüge beide Teile mehr oder minder gleich viel beigetragen. Wenn wir lieber von dem heiklen Gegenstand der Familienähnlichkeit auf ein ungefährlicheres Beispiel übergehen, so zeigt ein Maultier, das die Stute zur Mutter und den Esel zum Vater hat, deutlich die Züge beider. Da es sich aus der Vereinigung einer Eizelle mit einer Samenzelle entwickelt hat,

so müssen in der Pferdeeizelle die Eigenschaften eines Pferdes irgendwie enthalten sein, nicht anders in der Eselsamenzelle die eines Esels. Da haben wir wohl das Recht, zu fragen: wo sind in diesen Zellen die Stoffe enthalten, auf denen die Vererbung von Eigenschaften von Eltern zu Kindern beruht?

Kehren wir noch einmal zu den gerade erwähnten Versuchen zurück, bei denen eine Samenzelle in das Ei eindringt, die Entwicklung anregt, aber die Kernverschmelzung ausbleibt. Verfolgen wir diese Entwicklung, so sehen wir, daß dabei der nicht mit dem Eikern verschmelzende Samenkern wie ein unbeteiligter Zuschauer liegenbleibt und schließlich aufgelöst wird, verschwindet. Nun stellen wir uns einmal vor, wir könnten diesen Versuch so ausführen, daß Ei und Samenzelle nicht von der gleichen Tierart herstammen, sondern von verschiedenen, noch verschiedeneren als Esel und Pferd. Wir ernalten also bei der Befruchtung ein Verschmelzen der Zellleiber, aber keine Verschmelzung der Zellkerne. Sind nur die Vererbungsstoffe im Leib der Samenzelle enthalten, dann müssen die Eigenschaften des Vaters auch im entstehenden Bastardwesen sichtbar werden. Sind aber die Vererbungsstoffe im Kern enthalten, so darf das sich entwickelnde Tier nur mütterliche Eigenschaften zeigen, da ja der väterliche Samenkern von der Teilnahme an der Entwicklung ausgeschlossen wurde. So verläuft der Versuch denn auch wirklich und zeigt uns, daß wir im Kern den Hauptsitz der Vererbungsstoffe zu suchen haben.

Warum nun aber die Verschmelzung bei der Befruchtung? Warum sollten die väterlichen Vererbungsstoffe nicht auch ihre Wirkung ausüben können, ohne daß die beiden Kerne verschmelzen? Um das zu verstehen, müssen wir uns zuerst einmal genauer ansehen, was mit den Kernen nach der Befruchtung geschieht, und da können wir uns an niemand besseren zur Aufklärung wenden als an unseren guten alten Spulwurm. Denn kein Lebewesen hat, vielleicht mit Ausnahme des stacheligen Seeigels, soviel zu unserer Kenntnis dieser Grundlagen der Lebensvorgänge beigetragen, wie der Spulwurm. Wir wissen heute, daß all die Dinge, mit denen

wir uns jetzt beschäftigen wollen, in allen wichtigen Punkten bei allen Lebewesen, Tieren und Pflanzen, gleich verlaufen. Aber nicht ein jedes Wesen ist der Erforschung gleich günstig. Das eine bildet nur wenige Eier, und wir können nicht genug für unsere Studien erhalten. Bei einem anderen ist es schwer, sie gerade im richtigen Zeitpunkt zu erhalten; bei wieder einem anderen sind die Eizellen dermaßen mit Nährstoffen vollgeladen, daß dadurch die feineren Vorgänge verdeckt werden. Aber gerade der Pferde-Spulwurm erwies sich in allen diesen und manchen anderen Punkten als ideales Tier, und allein durch die Kenntnisse, die er uns hierin vermittelte, hat er es redlich verdient, daß sein Name den Titel eines Buches bildet. Was geht also nun in seinen Eizellen nach der Befruchtung vor sich?

2.

Immer noch müssen wir unsere Ungeduld zügeln; denn wir haben nun einen Punkt erreicht, an dem wir nicht weiterkommen, ehe wir unser Rüstzeug vervollkommnet haben. Bis jetzt gingen wir stets sehr vorsichtig um einen Gegenstand herum, der als einer der bedeutungsvollsten in der Wissenschaft vom Leben zu betrachten ist. Wir hörten so vieles von der Zelle, auch von ihrer Fähigkeit, sich zu teilen, wobei auch der Kern in zwei geteilt wird; wir kümmerten uns aber nie weiter um die Einzelheiten dieses Vorgangs. Das müssen wir nun nachholen und werden auch sehr bald einsehen, warum.

Nach allem, was wir soeben erfuhren, wird es uns nicht weiter in Erstaunen setzen, daß das Hauptinteresse sich dem Zellkern zuwendet. Deshalb wollen wir ihn jetzt endlich einmal näher anschauen und uns zu dem Zweck eines kleinen Kunstgriffes bedienen, den die findigen Mikroskopiker herausgebracht haben. Wir durchtränken nämlich die Zelle zunächst mit einer blauen, roten oder schwarzen Farbstofflösung. Nun sind die Zellen aus allen möglichen Stoffen aufgebaut, und manche von ihnen haben eine ganz besondere Vorliebe für bestimmte Farbstoffe. So lieben etwa die Fett-

tröpfchen im Zelleib ganz besonders eine Sudanrot genannte Farbe; wird die Zelle damit durchtränkt, so saugt das Fett die ganze Farbe auf, und wir sehen dann im mikroskopischen Bild eine farblose Zelle, gefüllt mit rotgefärbten Fetttröpfchen. Beim Durchprobieren vieler Arten von Farbstoffen zeigte es sich, daß in dem Zellkern stets kleine Kügelchen und Körnchen zu finden sind, die eine besondere Vorliebe für eine ganze Gruppe von Farbstoffen zeigen. Man nennt sie den färbbaren Stoff des Zellkerns oder mit einem griechischen Wort: Chromatin. Als man dann an farbstoffdurchtränkten Zellen die feineren Vorgänge bei der Zellteilung untersuchte, da zeigte sich bald, daß der färbbare Stoff oder Chromatin sichtlich die interessanteste Rolle bei dem ganzen Vorgang spielt.

Im Kern einer zur Teilung sich anschickenden Zelle sieht man als erstes Zeichen eine Zusammenballung und Zusammenlagerung der Chromatinkörnchen zu einzelnen Gruppen (Abb. 136). Diese werden immer deutlicher und erscheinen schließlich als eine Anzahl von Fädchen oder Stäbchen oder hufeisenförmigen Schlingen — bei verschiedenen Zellarten ist das verschieden —, die nun sichtlich die auffallendsten Gebilde in der Zelle darstellen. Man hat sie die färbbaren Körperchen, die Kernschleifen genannt oder, wieder mit einer griechischen Bezeichnung: Chromosomen; und das ist eines der wenigen fremden Kunstwörter, die wir uns einprägen wollen. Sind nun die Chromosomen fertig, so platzt plötzlich der Kern, und die Schleifen oder Fäden liegen frei im Zelleib, wo sie sich sofort in der Mitte zu einem schönen Kranz anordnen.

Inzwischen sind aber auch im Zelleib merkwürdige Dinge vorgegangen. In der Nähe des Kernes trat ein winziges Kügelchen auf und teilte sich alsbald in zwei. Jede Hälfte wanderte dann an einen der entgegengesetzten Pole der Zelle. Nun beginnt auch der Zelleib selbst sich zu verändern. Seine Stoffe ordnen sich zu Reihen und Zügen an, die alle nach jenen Körperchen an den Polen hinstrahlen und sich in der Mitte, da, wo die Chromosomen liegen, treffen. Wollten wir uns ein ungefähres Bild machen, wie die Zelle jetzt aussieht,

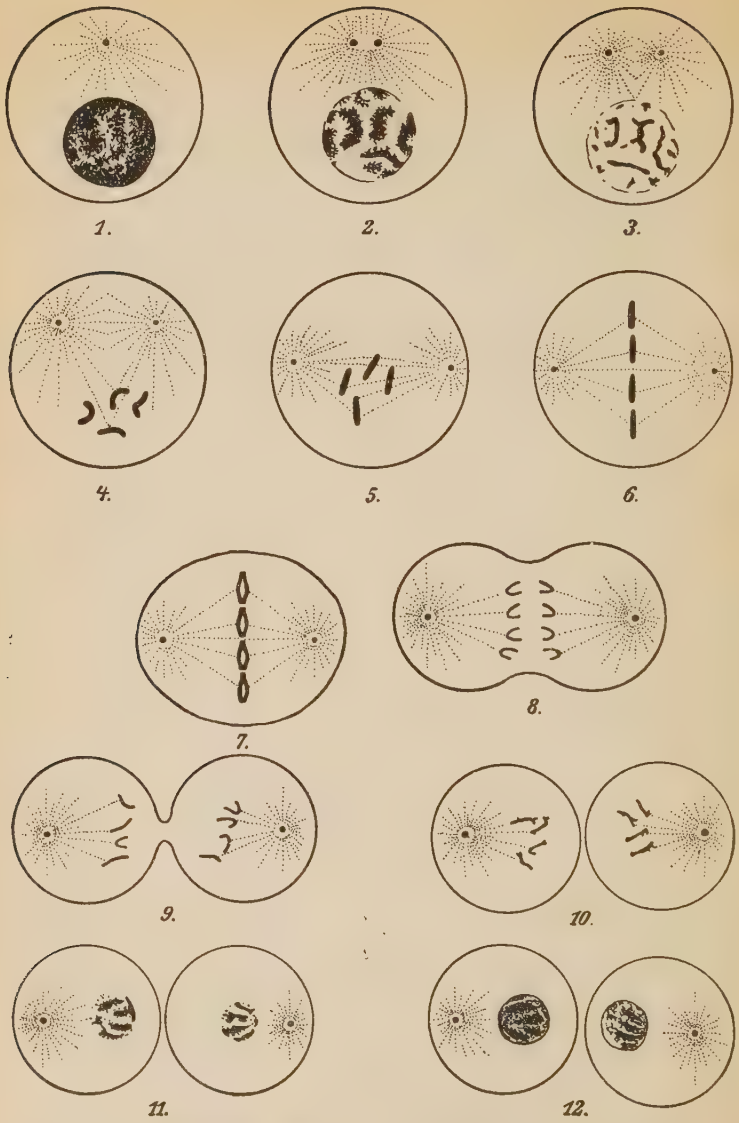


Abb. 136. Die Teilung der Zelle. *1 2 3* die Ausbildung der Chromosomen im Kern. *4 5 6* die Ausbildung der Teilungsspindel. *7 8 10* die Verteilung der Längsspalthälften der Chromosomen nach den beiden Polen und Durchschnürung der Zelle. *9 11 12* die Tochterzellen kehren wieder in den Ruhezustand zurück.

so könnten wir uns eine durchsichtige Erdkugel vorstellen. Von dem Nord- und Südpol etwas nach innen liegt je ein Kügelchen, von dem aus Fäden nach der durch den Äquator der Kugel gelegten Schnittfläche gespannt sind. In dieser Ebene treffen sie von den beiden Polen her zusammen, und hier liegt nun ein Kranz von Hufeisen, alle mit den freien Schenkeln nach dem Äquator und mit der Biegung nach dem Erdmittelpunkt gerichtet. Diese Hufeisen sind natürlich die Chromosomen.

Hat die Zelle nun diesen Zustand erreicht, so teilen sich alle Chromosomen der Länge nach. In unserem Bild würden sich die Hufeisen so spalten, daß zwei gleiche Hufeisen, aber natürlich nun von nur halber Dicke, entständen. Diese genauen Spalthälften beginnen aber alsbald den ausgespannten Zelleibfäden entlang nach den Polen zu gleiten, immer ein Spaltteil nach dem Nordpol, der andere nach dem Südpol. So kommt natürlich zu jedem Zellpol genau das gleiche an Chromosomenzahl und an Chromosomenmasse. Der Rest des Vorgangs ist nun wohl nicht sehr schwer zu erraten: die Chromosomen zerfallen wieder in die Körnchen, aus denen sie entstanden, und um sie formt sich wieder ein Kernbläschen. Nun liegt an jedem Pol ein Tochterkern, gleichzeitig hat sich aber der Zelleib im Äquator der Kugel eingeschnürt, die von außen einschneidende Spalte wird tiefer und zerschneidet schließlich die Kugel in zwei Halbkugeln. Im Zelleib verschwinden auch jene fädigen Reihen, und so ist alles wieder wie zu Anfang. Aber anstatt einer Zelle haben wir zwei völlig gleiche Zellen.

Es ist wohl nicht allzuviel Phantasie nötig, um zu erkennen, daß wir hier vor einer sehr wichtigen Enthüllung stehen. Denn wenn ein so verwickelter Ablauf aufgeboten wird, um jene färbbaren Stoffe des Zellkernes so genau zu verteilen — und es ist wohl klar, daß der ganze verwickelte Vorgang nur das eine Ziel haben kann, diese Stoffe möglichst genau zu verteilen —, so muß ihnen wohl eine überragende Wichtigkeit zukommen. Diese Überzeugung wird auch bestärkt, wenn wir uns etwas genauer im Tier- und Pflanzenreich umsehen. Da stellen wir mit Erstaunen fest, daß diese Zell-

teilungsvorgänge in allen wesentlichen Punkten stets die gleichen sind. Die Zellen des Menschen teilen sich in der gleichen Weise wie die des Spulwurms, des Krebses, des Vogels, des Apfelbaums, des Grases, des Pilzes und was es sonst noch an Getier und Gewächsen gibt. Im Mittelpunkt des Vorganges stehen aber stets jene Chromosomen, deren Wesen den Forscher so fesselt, daß er sie seit ihrer Entdeckung vor weniger als einem halben Jahrhundert immer wieder von neuem studiert und oft von frischen Entdeckungen belohnt wird. So kam man auch dazu, sich mit ihrer Zahl zu beschäftigen, und da zeigte es sich, daß in allen sich teilenden Zellen einer bestimmten Tier- oder Pflanzenart diese Zahl stets die gleiche ist. Bei der Teilung irgendeiner Zelle eines Pferde-Spulwurms treten stets vier Chromosomen hervor, bei einer Salamanderzelle 24, bei einer Zelle des Schwammspinners 62, bei gewissen Krebsen 180 und so bei jedem Lebewesen eine unveränderlich feststehende Zahl. Diese Gesetzmäßigkeit läßt uns sicher die winzigen Gebilde, die nur bei vielhundertfacher Vergrößerung sichtbar werden, noch bedeutungsvoller erscheinen. Nun aber ist es Zeit, zu unserem Ausgangspunkt zurückzukehren. Denn das war ja alles nur Vorbereitung für das Verständnis der feineren Vorgänge bei der Befruchtung.

3.

Wir haben es wohl noch nicht vergessen, daß bei der Befruchtung die Kerne der Ei- und Samenzelle sich vereinigen und daß dann die Kette der Zellteilungen beginnt, die aus dem befruchteten Ei ein junges Lebewesen sich formen lassen. Schauen wir uns nun einmal die erste Teilung der Eizelle nach der Befruchtung, etwa bei unserem Spulwurmei, an; da finden wir, wie erwartet, die für den Spulwurm charakteristische Zahl von vier Chromosomen in der Teilungsfigur vor. Wer merkt es schon, wo wir hinaus wollen? Die Eizelle und die Samenzelle waren doch richtige Zellen wie andere auch. Wenn alles Gesagte wortwörtlich wahr ist, so müßten ihre Kerne stets die vier Spulwurm-Chromosomen enthalten. Nun vereinigen sich aber doch die beiden Kerne bei der Be-

fruchtung, und trotzdem sollen in der ersten Teilung nur vier Chromosomen und nicht etwa $4+4=8$ vorhanden sein? Da muß doch irgend etwas nicht stimmen.

Reden wir nun nicht viel, sondern schauen einfach ins Mikroskop (Abb. 137). Da erblicken wir in dem Spulwurmei den Kern der Eizelle und den von der eingedrungenen Samenzelle herstammenden Kern dicht beieinanderliegend. Nun bilden sich in jedem von ihnen die Chromosomen aus, die nachher in die erste Eiteilungsfigur eintreten sollen, und zwar sind es zwei in jedem Kern, also die halbe der für andere Spulwurmkerne charakteristischen Zahl. Wenn sich nun die beiden Kerne auflösen (die beim Spulwurm nicht erst richtig miteinander verschmolzen, sehr zum Vorteil unserer Untersuchung) und die Chromosomen sich zur ersten Teilung im Kranz anordnen, sind ihrer vier da, zwei aus dem Eizellkern, zwei aus dem Samenzellkern. Jedes wird in der ersten Teilung geteilt, und so bekommt jede Tochterzelle wieder vier und so fort bei den weiteren Teilungen. Nun erkennen wir den Hauptpunkt: von den Chromosomen jeder Zelle, die von einem befruchteten Ei abstammt, kommt die Hälfte von der Mutter her auf dem Wege über den Eikern, und die andere Hälfte vom Vater durch die Vermittlung des Samenkernes. So erschließt sich uns eines der wichtigsten Geheimnisse der Befruchtung, die Vereinigung der mütterlichen Chromosomen mit der gleichen Zahl väterlicher. Nun können wir noch einen Schritt weiter gehen: wir hatten bereits den Schluß gezogen, daß die Stoffe, an deren Gegenwart die Vererbung der elterlichen Eigenschaften geknüpft ist, im Zellkern zu finden sein müssen. Nun eröffnet sich uns die Aussicht, geradeswegs auf die Chromosomen deuten zu können als die sichtbaren Vererbungsträger!

Da müssen wir nun nochmals Einhalt gebieten und den Schritt zurücklenken zu einem Punkt, über den wir einfach hinweggegangen waren: nämlich das unerklärliche Vorhandensein der halben Zahl von Chromosomen in Ei- und Samenzellen, die sich dadurch sichtlich von allen anderen Zellen des Körpers unterscheiden. Wir können nun versichern, daß diese Zellen ursprünglich genau solche Zellen sind wie

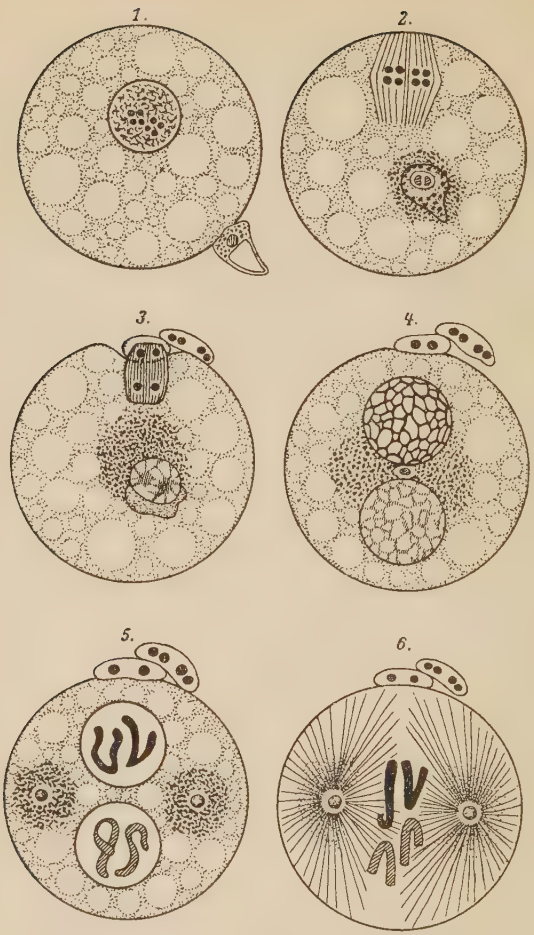


Abb. 137. Die Befruchtung des Ascariseies. *1.* Die zuckerhutförmige Samenzelle sitzt der Eizelle an. *2.* Sie ist eingedrungen, während der Eikern die Reifeteilung durchläuft. *3.* Der Eikern macht die zweite Reifeteilung. Die eingedrungene Samenzelle wandelt sich in einen Samenkern um. *4.* Eikern und Samenzelle nebeneinanderliegend. *5.* In beiden treten je zwei Chromosomen auf. *6.* Die vier Chromosomen in der ersten Teilungsfigur des sich entwickelnden Eies.

die anderen Körperzellen, also auch die gleiche Chromosomenzahl besitzen, nämlich vier in unserem Beispiel. Es muß also in der Lebensgeschichte der Geschlechtszellen, bevor sie befruchtungsfähig sind, ein Zeitpunkt vorkommen, in dem die Herabsetzung der Chromosomenzahl auf die Hälfte erfolgt. Tatsächlich macht eine jede Geschlechtszelle diesen Zustand durch. Es ist nur eine kleine Besonderheit in dem uns jetzt wohlbekannten Vorgang der Zellteilung nötig, um den gewünschten Erfolg zu erzielen. Da hinterher die Zellen zur Befruchtung reif sind, so nennt man diesen besonderen Vorgang auch die Reifeteilung (Abb. 138). Wir erinnern uns, daß in einer gewöhnlichen Teilung der Spulwurmzelle vier Chromosomen im Kern auftraten, sich dann im Kranz anordneten und ein jedes eine Spaltung in zwei Tochterhälften erfuhr. Auch vor der Reifeteilung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen erscheinen die vier Chromosomenschleifen im Kern. Aber sie liegen nicht unabhängig voneinander, sondern sind paarweise zusammengeschlossen und treten auch in dieser Form zur Teilung im Zelläquator an. Wenn wir bei dem Vergleich der Chromosomen mit Hufeisen bleiben, so liegen bei einer gewöhnlichen Spulwurmzellteilung vier Hufeisen im Kranz oder in einem Stern beisammen. Bei dieser besonderen Teilung liegen aber je zwei Eisen aufeinander, so daß, wenn wir von oben darauf blicken würden, nur zwei Eisen sichtbar wären. Bei der gewöhnlichen Teilung würde sich nun jedes Eisen in zwei ähnliche Eisen spalten, die nach den Polen auseinanderrücken. Bei dieser Reifeteilung findet aber keine solche Spaltung statt, sondern von den paarweise aufeinanderliegenden Eisen rückt je eines nach jedem Pol. Da wir zwei solcher Hufeisenpaare hatten, so erhält natürlich jeder Pol zwei ganze Chromosomen, und so sind durch die Reifeteilung aus einer unreifen Zelle mit vier Chromosomen zwei befruchtungsreife Zellen mit je zwei Chromosomen entstanden.

Nun noch ein wenig Geduld, daß wir diesen Weg zu Ende gehen, bevor wir ermüden. Lassen wir die folgenden, uns jetzt wohlbekannten Dinge einmal vor unserem Auge vorbeiziehen: eine jede Körperzelle eines bestimmten Lebewesens

hat eine festgelegte Zahl von Chromosomen in ihrem Kern. Da bei der Befruchtung Ei wie Samenzelle je die Hälfte

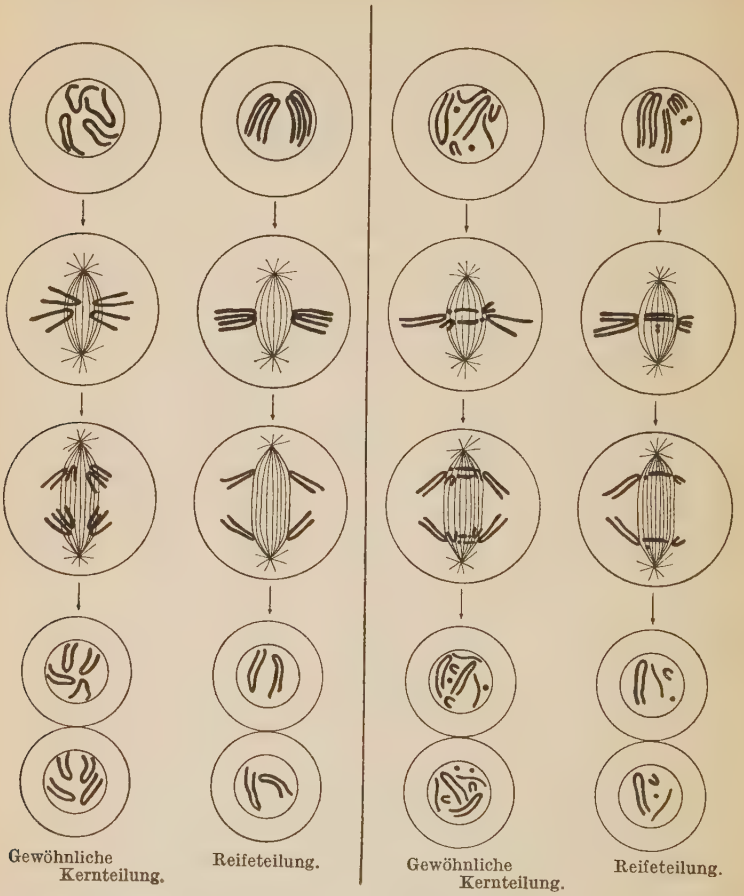


Abb. 138. Vergleich der Reifeteilung mit einer gewöhnlichen Kernteilung. Links bei Annahme einer Normalzahl von vier gleichförmigen Chromosomen. Rechts bei Annahme einer Normalzahl von acht Chromosomen, die paarweise verschieden geformt sind.

dieser Zahl mitbringen, die dann immer genau gleichmäßig auf alle späteren Tochterzellen mit der Zellteilung verteilt werden, so muß jede Körperzelle zur Hälfte väterliche, zur

anderen Hälfte mütterliche Chromosomen besitzen. Nun nehmen wir einmal den einfachsten Fall an, nämlich, daß die richtige Chromosomenzahl nur zwei betrüge, was wirklich bei einer gerade darum sehr berühmten Spulwurmart vorkommt. Dann enthält die reife Ei- oder Samenzelle natürlich nur ein Chromosom, die unreife aber wie jede andere Zelle zwei. Wir lernten nun, daß vor der Reifeteilung sich die Chromosomen paarweise zusammenlegen. In unserem Fall ist nur ein Paar vorhanden, von denen das eine Stück vom Vater, das andere von der Mutter stammt. Das, was sich da zusammenschließt, ist also ein väterliches und ein mütterliches Chromosom, und wenn dann in der Reifeteilung das eine nach diesem, das andere nach jenem Pol wandert, so hat diese Teilung somit Chromosomen väterlicher und mütterlicher Herkunft getrennt.

Bei nur zwei Chromosomen kann das gar nicht anders sein, aber auch bei anderen Zahlen ist es ebenso. In den Zellen mancher Tierformen kann man das ganz direkt sehen, indem die verschiedenen Chromosomen in der Zelle sichtlich verschieden sind. Da mag eines wie ein großes, das andere wie ein kleines Hufeisen erscheinen, ein drittes wie ein Stab und ein viertes wie eine Kugel (Abb. 138). Wer errät nun, wie es in einer solchen Zelle aussieht? Muß nicht jede dieser Sorten genau zweimal vertreten sein, eine von dem Vater und eine von der Mutter kommend? Das ist tatsächlich der Fall. Wenn dann eine solche Geschlechtszelle sich zur Reifeteilung anschickt, muß sich dann nicht bei der paarweisen Vereinigung Gleiches mit Gleichem zusammenfinden? Also väterliches Hufeisen mit mütterlichem Hufeisen, väterlicher Stab mit mütterlichem Stab, väterliche Kugel mit mütterlicher Kugel? Auch dies zeigt uns das Mikroskop. So enthält also jede Zelle, ob wir es äußerlich sehen können oder nicht, zwei ganz gleiche Sätze väterlicher und mütterlicher Chromosomen.

Nun müssen wir uns wieder an etwas schon Bekanntes erinnern, die Tatsache, daß ein für gewöhnlich befruchtungsbedürftiges Ei durch allerlei Chemikalien zur jungfräulichen Entwicklung gezwungen werden kann. Ein solches Ei enthält

dann die halbe Chromosomenzahl, wie sie der reifen Geschlechtszelle zukommt. Das entstehende Lebewesen ist aber ein richtiges und vollständiges Tier: der eine Chromosomensatz im Ei muß also alles enthalten haben, was zur normalen Entwicklung benötigt ist. Nun erinnern wir uns auch des anderen Versuches: Von einem Seeigel wurde ein Stück Zelleib ohne Kern abgeschnitten und mit einer Samenzelle befruchtet. Auch hieraus entwickelt sich eine richtige Seeigellarve, obwohl doch nur der eine Chromosomensatz der Samenzelle vorhanden ist; also enthielt auch dieser alles Nötige. So zeigt es sich, daß in einer jeden Zelle, die von einem befruchteten Ei stammt, zwei völlig gleichartige Chromosomensätze vorhanden sind, von denen ein jeder alles Nötige enthält, um ein den Eltern gleiches Wesen hervorzubringen.

Nun ist vielleicht mancher Leser noch nicht zufrieden mit diesen Anzeichen dafür, daß die Chromosomen wirklich die Stoffe enthalten, deren Wirkung uns als die Vererbung der elterlichen Eigenschaften auf die Kinder erscheint, und er wünscht direkte Beweise. Hat er sich überlegt, wie ein solcher Beweis etwa geführt werden könnte? Das ist nun nicht ganz so einfach, ist aber trotzdem gelungen. Wie das geschah, können wir aber jetzt noch nicht verstehen, denn wir haben erst das Ineinandergreifen von einigen Rädern im großen Uhrwerk kennengelernt und werden erst später verstehen können, wie die ganze Uhr läuft. Deshalb wollen wir hier nur versichern, daß der geforderte Beweis sowohl für einzelne Erbeigenschaften gelungen ist als auch, daß man in einem Fall auf gar bewundernswerte Weise feststellen konnte, in welchem Chromosom des betreffenden Tieres (einer Fliege), ja, sogar an welcher Stelle im Chromosom der Hervorbringer bestimmter Erbeigenschaften liegt.

4.

Vielleicht ist der eine oder der andere der verehrten Leser ungehalten, daß der Weg durch diese etwas verwickelten Dinge, nicht wie sonst durch eine kleine Abschweifung, hier

und da mit einem Ausblick über Land und Meer erleichtert wurde. Wie gerne möchten wir es; aber nicht ein jeder Weg erlaubt Unterbrechung und Rast. Hier befinden wir uns auf einem Pfad, der rüstig in einem Anlauf bis zum Ziel durchschritten werden muß. Sonst möchten wir uns verirren und den Weg nicht mehr bei hellem Tag finden. So laßt uns also nach diesem kurzen Verschnaufen auf dem einmal begonnenen Pfad weiterschreiten.

Da wollen wir uns einmal zunächst über die, nach allem, was wir lernten, selbstverständliche Tatsache klar werden, daß die Zahl der Chromosomen in den Zellen eines Lebewesens, das sich aus einem befruchteten Ei entwickelt, stets eine gerade Zahl sein muß, denn wir sahen ja, wie stets ein Chromosomensatz vom Vater und einer von der Mutter stammte, jede Chromosomenart immer zweimal vorhanden war. Das erscheint so selbstverständlich, daß es zunächst niemand glauben möchte, wenn man ihm von einer ungeraden Chromosomenzahl spräche. Trotzdem stand man eines Tages vor der unleugbaren Tatsache, daß es Zellen mit ungerader Chromosomenzahl gibt, und zwar fand man das zuerst in den jungen unreifen Samenzellen von Wanzen. (Woraus übrigens der Leser wieder einmal ersehen kann, daß in einem bestimmten Augenblick die stinkende Wanze für den Naturforscher viel wichtiger sein kann als der schönste Paradiesvogel.) Nehmen wir einmal an, wir hätten die Zahl von sieben Chromosomen festgestellt, und versuchen uns ihr weiteres Schicksal auszudenken (Abb. 139).

In den Reifeteilungen dieser Samenzellen soll ja doch die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte herabgesetzt werden, und wir wissen genau, wie das geschieht, nämlich indem sich die Chromosomen zu Paaren zusammenlegen und dann einzeln nach den Polen auseinanderrücken. Was muß nun bei diesen Samenzellen der Wanzen sich ereignen? Die Chromosomen legen sich zu Paaren zusammen; aber dabei bleibt eines, das siebente, übrig, für das gar kein Partner vorhanden ist, mit dem es sich vereinigen könnte. Es bleibt ihm also gar nichts anderes übrig, als, ein einsamer Junggeselle, in den Chromosomenkranz der drei glücklich vereinigten Paare einzutreten.

Wenn nun die Chromosomen zur Vollendung der Reifeteilung nach den beiden Polen auseinanderrücken, so muß

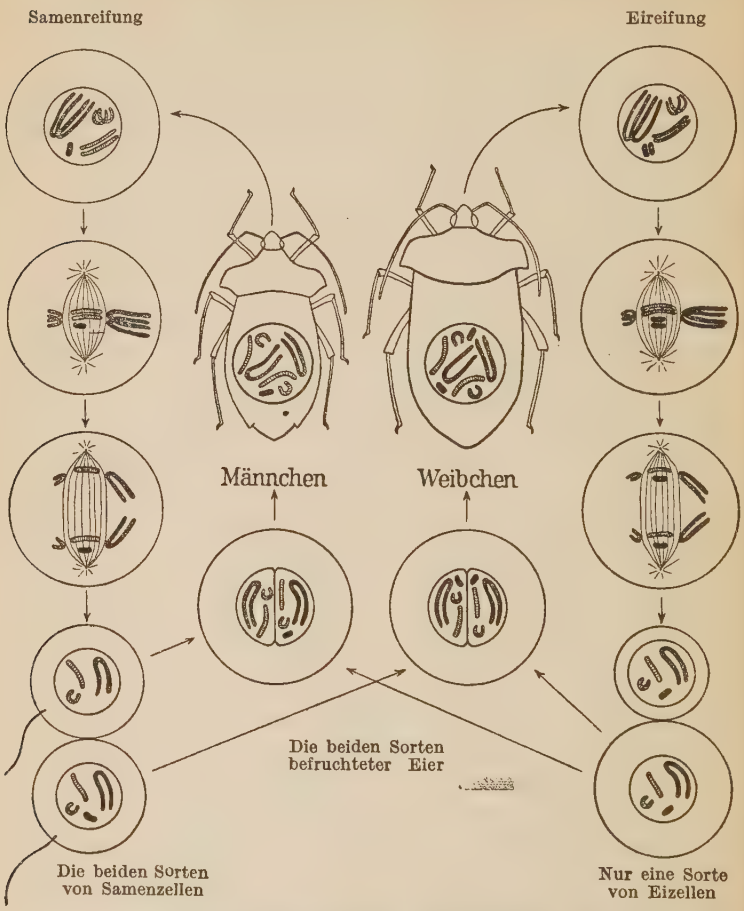


Abb. 139. Die geschlechtsbestimmenden Chromosomen einer Wanze. Das Geschlechtschromosom solid schwarz, die andern Chromosomen schraffiert. Vom Männchen ausgehend links die Samenreifung, vom Weibchen ausgehend rechts die Eireifung, unten die Befruchtung.

eben das einzelne Chromosom auch nach einem der beiden Pole, diesem oder jenem, wandern. Das bringt aber eine sehr

bedeutungsvolle Folgerung mit sich: von den zu Paaren angeordneten sechs Chromosomen gelangen zu jedem Pol drei, um dort in den Kern der gereiften Samenzelle einzutreten. Das siebente aber kommt allein zu einem der beiden Pole, somit erhält die Tochterzelle, in die es gelangt, vier Chromosomen, während die andere nur drei hat. Die Reifeteilung führt also bei ungerader Chromosomenzahl zur Entstehung von zwei Arten von Samenzellen, von denen die eine ein Chromosom mehr besitzt als die andere, in unserem Beispiel 4 und 3. Da aber eine jede unreife Samenzelle einer solchen männlichen Wanze diese Reifeteilung durchmacht, bevor sie befruchtungsfähig wird, so bestehen schließlich alle zur Befruchtung dienenden Samenzellen des Tieres aus zwei Sorten: die eine Hälfte besitzt ein Chromosom mehr als die andere Hälfte!

Was das nun wohl bedeuten mag? Etwas sehr Einfaches, wie wir sogleich sehen werden, wenn es auch sehr mühevoller Arbeit bedurfte, bis das alles so schön klar wurde, wie es uns jetzt erscheint. Ist es euch aufgefallen, daß wir bisher nur von den Samenzellen einer männlichen Wanze — wir hätten ebensogut auch sagen können eines Spulwurmes oder Menschen — sprachen? Wie steht es nun aber mit den Eizellen des zugehörigen weiblichen Tieres? Untersuchen wir sie auch einmal in bezug auf die Chromosomen. Da stellen wir fest — allerdings nicht so schnell, wie wir das hier lesen, sondern nach vielen Monaten mühsamer Arbeit —, daß alles ganz so, wie es sein sollte, verläuft. Die Chromosomenzahl ist eine gerade, nämlich eines mehr als beim Männchen, also acht, wenn es dort sieben waren, 24, wenn es dort 23 sind. Zur Reifeteilung vereinigen sie sich richtig in Paaren, und jede der reifen Tochterzellen erhält auch richtig die Hälfte, also vier, wenn die unreife Zahl acht betrug.

Nun noch eine ganz kleine Anstrengung unseres Verstandes, und es wird uns plötzlich wie Schuppen von den Augen fallen. Wir wissen jetzt, daß — um bei dem gewählten Zahlenbeispiel zu bleiben — die unreifen Samenzellen des Männchens sieben Chromosomen enthalten und, wie jetzt zugefügt sei, alle Zellen des männlichen Tieres. Wir wissen ferner, daß die un-

reifen Eizellen des weiblichen Tieres und — wie wir wieder zufügen, alle Zellen des Weibchens — acht Chromosomen besitzen. Wir wissen ferner, daß die reifen, zur Befruchtung fähigen Samenzellen zweierlei Art sind, solche mit vier und solche mit drei Chromosomen, daß aber alle reifen Eier unserer Tierart vier Chromosomen enthalten. Und jetzt malen wir uns einmal die Befruchtung aus. Da dringt die Samenzelle in die Eizelle ein, die Kerne vereinigen sich, und die Chromosomen beider addieren sich, um die Chromosomenzahl des sich aus dem befruchteten Ei entwickelnden Tieres zu ergeben. Da sehen wir, daß in dem betrachteten Fall zwei Möglichkeiten gegeben sind. Die Eizelle mit ihren vier Chromosomen kann entweder von einer Samenzelle befruchtet werden, die auch vier Chromosomen enthält, und dann muß das entstehende Lebewesen acht Chromosomen in all seinen Zellen besitzen. Oder aber die Eizelle mit ihren vier Chromosomen wird von einer Samenzelle der anderen Sorte, einer mit drei Chromosomen, befruchtet, und das sich entwickelnde Tier muß dann sieben Chromosomen in allen seinen Zellen zeigen. Merkt ihr nun, wo es hinausgeht? Das Tier mit sieben Chromosomen war ja ein Männchen, das mit acht Chromosomen ein Weibchen! Die beiden Sorten von Samenzellen mit der ungleichen Chromosomenzahl waren also für die Bestimmung des Geschlechts verantwortlich: kommt die Samenzelle mit der niederen Chromosomenzahl, drei in unserem Beispiel, zur Befruchtung, so muß ein Männchen entstehen, befruchtet aber die Samenzelle mit der höheren Zahl, vier im Beispiel, so wird ein Weibchen erzeugt! Die Samenzelle mit vier Chromosomen enthält aber das ungerade Chromosom Nummer 7. Dies ist somit ein geschlechtsbestimmendes Chromosom, dessen Anwesenheit Weiblichkeit hervorruft, während seine Abwesenheit für Männlichkeit sorgt. Wer hätte es wohl gedacht, daß die regelmäßige Erzeugung von zwei Geschlechtern auf einer so einfachen und doch so sicher arbeitenden Maschinerie beruht?

5.

Im Rechenunterricht wird stets verlangt, daß auf ein Exempel auch die Probe gemacht wird, um zu sehen, ob es stimmt. Das hier war ja auch eine Art von Rechnung, und sie möchte uns zweifellos noch zuverlässiger erscheinen, wenn wir eine Probe auf ihre Richtigkeit ausführen könnten. Nun, hier ist eine:

Wir hörten bereits im letzten Abschnitt allerlei über Tiere, deren Geschlechtsverhältnisse nicht ganz so einfach wie gewöhnlich sind, bei denen eine Art von Lebenskreislauf vorkommt, indem verschiedene Fortpflanzungsarten und verschiedenes Auftreten der Geschlechter abwechseln. Erinnern wir uns einmal an den Fall der Blatt- und Rebläuse. Im Frühjahr schlüpfen aus Eiern, die im vorhergehenden Herbst befruchtet waren, ausnahmslos weibliche Tiere aus, die nun die Stammütter all der Nachkommen werden, die den Sommer über ihr Zerstörungswerk am Rebstock vollziehen. Da keine Männchen vorhanden sind, so muß diese Stammutterlaus sich durch Jungfernzeugung fortpflanzen und aus ihren unbefruchteten Eiern entstehen wieder Weibchen. Auch diese vermehren sich jungfräulich und erzeugen nichts als weibliche Tiere und so fort bis in den Herbst hinein. Aber nun schlüpfen plötzlich aus den unbefruchteten Eiern beide Geschlechter, Männchen und Weibchen, aus. Die Männchen befruchten die Weibchen und die befruchteten Eier sind die überwinternden Eier, aus denen die Stammütter des nächsten Jahres schlüpfen.

Auf den ersten Blick scheinen sich diese Dinge nun gar nicht mit dem zusammenzureimen, was wir eben über die Geschlechtschromosomen hörten. Wohl ist es begreiflich, daß die jungfräulichen Weibchen nur wieder Weibchen erzeugen, denn wir wissen ja, daß alle Eier in bezug auf ihre Chromosomen gleich sind. Wenn wir noch hinzufügen, daß bei dieser Jungfernzeugung die Reifeteilung ausfällt, somit das reife Ei genau den gleichen Chromosomenbestand besitzt wie das unreife oder irgendeine andere Zelle des Weibchens, so erscheint uns diese Einzelheit des Geschlechtskreislaufs der

Reblaus einleuchtend. Nun sehen wir aber im Herbst aus den gleichen unbefruchteten Eiern plötzlich beide Geschlechter entstehen; wirft das nicht wieder alles über den Haufen? Da müssen wir uns doch erst einmal die Chromosomen der so erzeugten Männchen anschauen. Da sehen wir mit Erstaunen, daß diese Männchen, genau wie in unserem Wanzenbeispiel ein Chromosom weniger haben als die Weibchen. Haben die Weibchen sechs, und das ist diesmal die wirkliche Zahl, dann zeigen die Männchen nur fünf (Abb. 140).

Was da wohl vorgegangen ist? Da müssen wir schon einmal die Eier, die ohne befruchtet zu sein, Männchen ergaben, sehr genau anschauen. Da finden wir, daß sie in einem bestimmten Augenblick, ehe die jungfräuliche Entwicklung zum Männchen beginnt, einfach ein Chromosom hinauswerfen und damit die männliche Zahl von fünf Chromosomen herstellen. So wird gerade durch das, was zunächst gar nicht in die Rechnung zu passen schien, ihre Richtigkeit auf das beste bestätigt. Damit sind aber noch nicht alle Schwierigkeiten überwunden. Im Herbst befruchten die Männchen die Weibchen. Wenn alles dabei so verliefe, wie wir es früher sahen, dann müßten die Männchen zwei Arten von Samenzellen bilden, weibchenerzeugende mit drei Chromosomen und männchenerzeugende mit zwei Chromosomen. Wir wissen aber, daß aus den befruchteten Eiern nach der Überwinterung nur Weibchen ausschlüpfen. Aber auch an diesem Punkt zeigte die genaue Untersuchung, wie wundervoll die scheinbare Ausnahme die Regel bestätigt. Denn als man die Reifeteilung der Samenzellen dieser Männchen untersuchte, zeigte es sich, daß zwar ganz richtig drei Chromosomen zu einem, zwei zu dem anderen Pol wanderten und zwei Arten von Samenzellen entstanden. Sogleich hinterher zerfallen aber die Zellen mit den zwei Chromosomen und gehen zugrunde, so daß zur Befruchtung nur die weibchenerzeugenden drei-chromosomigen Samenzellen übrigbleiben. Das ist der Grund, weshalb nur Weibchen aus den befruchteten Eiern schlüpfen. Ist das nicht wirklich eine feine Probe aufs Exempel?

Ich irre mich wohl nicht in der Annahme, daß jetzt die Gedanken des Lesers zu der so volkstümlichen Frage über-

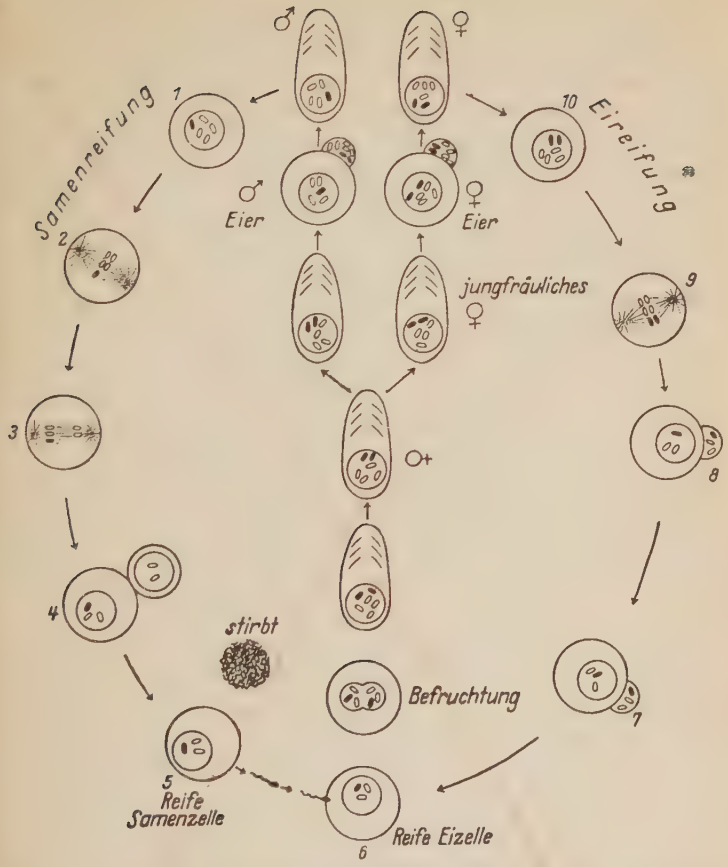


Abb. 140. Das Verhalten der Geschlechtschromosomen im Lebenszyklus der Blattläuse. Schwarz das Geschlechtschromosom. Die Zahl der Chromosomen ist *5* beim Männchen, *6* beim Weibchen. Vom Männchen oben ausgehend die Stadien der Samenreifung *1—5*. Vom Weibchen oben ausgehend die Stadien der Eireifung *10—7*, *6* die Befruchtung, darüber das befruchtete Dauerei. Darüber die jungfräulichen Weibchen. Darüber die Männchen und Weibchen erzeugenden jungfräulichen Weibchen. Darüber das Männchen resp. Weibchen erzeugende Ei. In ersterem die Entfernung des einen Geschlechtschromosoms aus dem Ei. *Ovogenese* = Eireifung, *Spermatogenese* = Samenreifung, *Parthenogenese* = Jungfernzeugung; *Sexupare* = Geschlechtstiererzeuger, ♂ = männlich, ♀ = weiblich.

springen, ob es nicht möglich sei, das Geschlecht der Nachkommenschaft willkürlich zu bestimmen. Aus dem, was wir nun wissen, können wir leicht eine Antwort ableiten. Welche Möglichkeiten erschließen sich da? Der Fall der Reblaus zeigt uns eine. Hier gehen natürlicherweise alle männchenerzeugenden Samenzellen zugrunde und nur die weibchenerzeugenden bleiben übrig. Da muß ja wohl irgendeine wirksame Kraft dahinter stecken und mit einiger Einbildungskraft könnten wir uns ja vorstellen, daß es uns gelänge, die Ursache festzustellen und dann künstlich ein männliches Lebewesen zu zwingen, nur die eine oder andere Art von Samenzellen zu erzeugen. Bis jetzt gehört aber diese Möglichkeit noch in das Reich der Phantasie, ja, es ist noch nicht einmal ein Weg sichtbar, auf dem man zum Ziel gelangen könnte, so wollen wir auch, statt ins Reich des Ungewissen zu fliegen, lieber den sicheren Boden der Tatsachen unter unseren Füßen behalten, vielleicht uns auch freuen, daß der Menschheit die gewaltigen Fragen noch erspart sind, die sich aus einer praktischen Beherrschung der Geschlechtsbestimmung ergeben würden.

6.

Nun müssen wir wieder auf einen Punkt zurückkommen, den wir früher mit einer Vertröstung auf spätere Antwort abtaten, nämlich die Frage des Beweises dafür, daß in den Chromosomen die Träger der Erbeigenschaften zu erblicken sind. Man könnte vielleicht diese Annahme dadurch beweisen, daß ein bestimmtes Chromosom sich finden ließe, das in besonderer Weise auf die Nachkommenschaft übertragen wird und dann festgestellt würde, ob Erbeigenschaften, von denen man annimmt, daß sie durch das betreffende Chromosom übertragen werden, in derselben Art und Weise auf die Nachkommenschaft verteilt wurden. Da sollten ja nun die Geschlechtschromosomen eine schöne Möglichkeit an die Hand geben. Nehmen wir wieder den Fall eines Wesens an, das acht Chromosomen im weiblichen und sieben im männlichen Geschlecht besitzt. Die acht Chromosomen des Weibchens be-

stehen, wie wir nun schon oft genug gehört haben, aus zwei Sätzen zu je vier, die bei der Befruchtung vom Vater und von der Mutter her zusammen gekommen waren. Das Männchen dagegen hat in seinen sieben Chromosomen drei gleichartige Paare von den Eltern her, aber ein siebentes ohne einen Partner. Wo hat es nun dieses her? Natürlich von der Mutter, die ja vier Chromosomen in die Befruchtung einbrachte, während der Vater in der Samenzelle nur drei lieferte. Nun stellen wir uns einmal vor, daß in diesem Chromosom außer den Dingen, die mit der Geschlechtsbestimmung zusammenhängen, auch noch andere Eigenschaften vererbt würden, etwa die Erbanlage einer bestimmten Erkrankung. Dann könnten wir wohl aus der Art, wie die Krankheit vererbt wird, ersehen, ob sie wirklich der Verteilungsart dieses Chromosoms auf die Nachkommenschaft entspricht.

So allgemein ausgedrückt haben wir das wohl nicht verstanden, nicht wahr? Also wenden wir uns an einen wirklichen Fall, der noch dazu das persönliche Interesse besitzt, das wir an unseren eigenen Angelegenheiten nehmen. Auch beim Menschen verläuft die Verteilung der Geschlechter mit Hilfe der Geschlechtschromosomen genau wie bei jener Wanze. Die männliche Chromosomenzahl ist 47, die weibliche 48, Eier mit 24 Chromosomen ergeben, wenn von einer Samenzelle mit 24 Chromosomen befruchtet, Mädchen, wenn von einer Samenzelle mit 23 Chromosomen befruchtet, Knaben. Wenn wir die Chromosomenpaare nummerieren, so können wir auch hier sagen, daß das weibliche Geschlecht neben den Paaren 1—23, die nichts mit dem Geschlecht zu tun haben, noch das Paar Nr. 24, die Geschlechtschromosomen, besitzt. An dessen Stelle haben die männlichen Wesen aber nur ein einzelnes, Nr. 24, ein unpaares Geschlechtschromosom. Nun zu dem Vererbungsfall.

Da gibt es eine böse Krankheit, die Bluterkrankheit genannt. Bei davon betroffenen Personen sind selbst kleine Blutungen kaum stillbar und mögen zur Verblutung führen. Es ist lange bekannt, daß diese Krankheit in gewissen Familien erblich ist und aus Familienurkunden und Kirchenbüchern

konnte man die Stammbäume solcher Familien durch Jahrhunderte verfolgen. Da zeigte sich ein ebenso regelmäßiger wie merkwürdiger Vererbungsgang (Abb. 141). Zunächst besteht die Tatsache, daß in solchen Familien nur Männer von der Bluterkrankheit betroffen werden. Heiratet nun ein solcher blutender Mann (wie wir der Kürze halber sagen wollen) eine gesunde Frau, so sind auch all seine Kinder gesund. Die Söhne unter ihnen werden selbst wieder nur gesunde Nachkommenschaft erzeugen. Anders die Töchter. Ihre Töchter von einem gesunden Vater (also die Enkelinnen in der weiblichen Linie des ursprünglichen Bluters) sind wieder sichtlich gesund, aber von den Söhnen (also den Enkeln in der weiblichen Linie) sind die Hälfte wieder Bluter. Von den scheinbar gesunden Enkelinnen des ursprünglichen Paares hat die Hälfte wieder ausschließlich gesunde Nachkommenschaft, ist also erblich

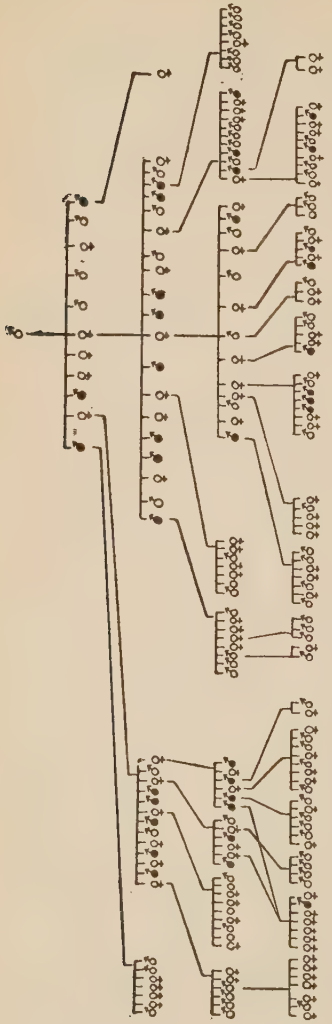


Abb. 141. Stammbaum einer Bluterfamilie. Jede wagrechte Reihe stellt eine Generation dar. Helle Kreise sind gesunde Individuen, schwarz ausgefüllte Kreise sind Bluter. Die Verbindungsstriche verbinden Eltern mit Kindern. Die Geschwister sind durch darüber stehende Klammern verbunden. Man beachte, wie kranke Männer gesunde Nachkommenschaft liefern und scheinbar gesunde Frauen kranke.

gesund, die andere Hälfte aber, obwohl scheinbar gesund, vererbt wieder die Krankheit auf die Hälfte ihrer Söhne.

Nun zu den Chromosomen, um zu zeigen, daß die Vererbung der Krankheit gar nicht anders vor sich gehen kann,

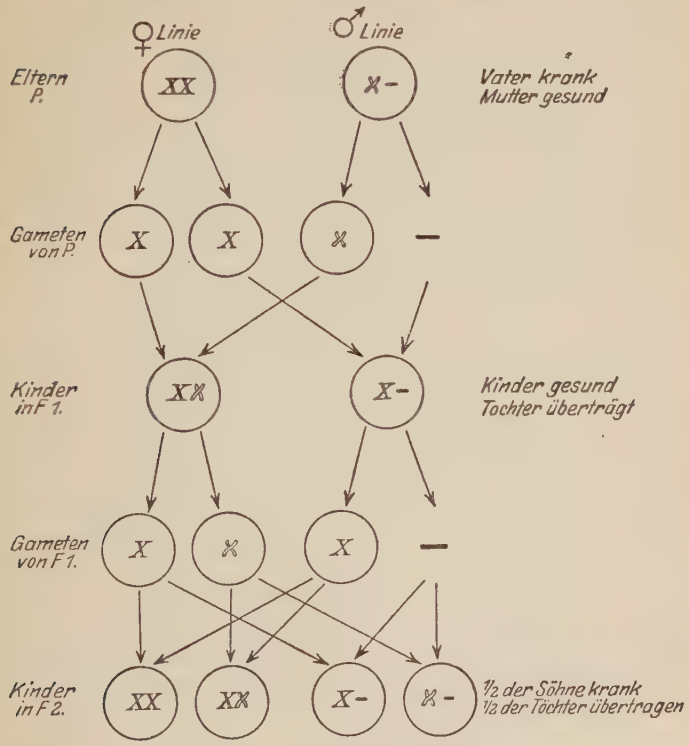


Abb. 142. Übertragung der Bluterkrankheit auf die Chromosomen bezogen. Das die Krankheit vererbende Chromosom x ist im Umriß gezeichnet. Gameten bedeutet das gleiche wie Geschlechtszellen. F_1 ist die erste Nachkommengeneration der Ausgangseltern, F_2 die Enkelgeneration.

wenn es richtig ist, daß der Erbstoff, der die Krankheit verursacht, in den Geschlechtschromosomen gelegen ist (Abb. 142). Der kranke Mann heiratet eine gesunde Frau. Wenn wir, um kurz zu sein, ein Chromosom, in dem die Krankheit vererbt wird, als krankes Chromosom bezeichnen,

so besitzt der blutende Mann ein krankes Geschlechtschromosom, nämlich sein 47. Chromosom, dem ja ein Partner fehlt. Seine reifen Samenzellen sind nun zweierlei Art: die einen mit 23 gewöhnlichen Chromosomen, dazu ein krankes Geschlechtschromosom; die anderen mit nur 23 gewöhnlichen Chromosomen. Die gesunde Frau aber hat in ihren unreifen Eiern 46 gewöhnliche Chromosomen und zwei gesunde Geschlechtschromosomen, alle reifen Eier enthalten also 23 gewöhnliche Chromosomen und ein gesundes Geschlechtschromosom. Männliche Nachkommenschaft wird nur erzeugt, wenn ein solches Ei von der Samenzelle ohne Geschlechtschromosom befruchtet wird. Die somit erzeugten Söhne erhalten also nur das gesunde Geschlechtschromosom ihrer Mutter, sind folglich selbst gesund und haben keine Möglichkeit, die Krankheit zu vererben. Wird aber ein Ei der gesunden Mutter von der anderen Sorte Samenzellen des kranken Vaters befruchtet, so erhält es neben den 46 gewöhnlichen Chromosomen ein gesundes Geschlechtschromosom von der Mutter und ein krankes vom Vater. Wie verhält sich die sich daraus entwickelnde Tochter? Drei Möglichkeiten sind denkbar: entweder macht sich das kranke Chromosom trotz seines gesunden Partners bemerkbar und das Mädchen ist krank; oder aus der Wirkung des kranken und gesunden kommt ein mittelkrankes Ergebnis heraus; oder aber die Wirkung des gesunden Chromosoms läßt die Wirkung des kranken nicht aufkommen und das Kind ist gesund, obwohl es ein krankes Chromosom in jeder Zelle hat. Dies letztere ist der Fall.

Nun lassen wir dies scheinbar gesunde Mädchen wieder einen gesunden Mann heiraten und Kinder bekommen. Was ereignet sich da? In ihren Eizellen besteht das Geschlechtschromosomenpaar aus einem gesunden und einem kranken Partner. Wenn also in der Reifeteilung die gepaarten Chromosomen auseinanderrücken, so muß das gesunde nach dem einen, das kranke nach dem anderen Pol wandern. Somit werden zwei Arten von befruchtungsfähigen Eiern erzeugt, eine Hälfte mit einem gesunden, die andere mit einem kranken Geschlechtschromosom; natürlich immer dazu die 23

gewöhnlichen Chromosomen. Der gesunde Mann aber liefert wieder die beiden Sorten von Samenzellen; weibchenerzeugende mit einem gesunden und männchenerzeugende ohne Geschlechtschromosom. Denken wir nun einmal nach, welche Möglichkeiten jetzt gegeben sind, nehmen auch vielleicht ein Stück Papier zur Hand, es uns klarzumachen. Es sind die folgenden vier: 1. Eine Eizelle mit gesundem Geschlechtschromosom wird befruchtet von einer Samenzelle ohne Geschlechtschromosom. Ergebnis: ein gesunder Sohn. 2. Eine Eizelle mit krankem Geschlechtschromosom wird befruchtet von einer Samenzelle ohne Geschlechtschromosom. Ergebnis: ein kranker Sohn. 3. Eine Eizelle mit gesundem Geschlechtschromosom wird von der weibchenerzeugenden Samenzelle mit gesundem Geschlechtschromosom befruchtet. Ergebnis: eine gesunde Tochter. 4. Endlich wird die Eizelle mit krankem von der Samenzelle mit gesundem Geschlechtschromosom befruchtet; eine gesunde Tochter entsteht, die aber wieder ebenso wie ihre Mutter die Krankheit weiter vererben kann. Wenn diese vier Möglichkeiten ganz nach Zufall, also im Durschschnitt gleich oft eintreten, erhalten wir also wirklich genau das Ergebnis, das für die Vererbung jener Krankheit so charakteristisch ist. Damit haben wir bewiesen, daß eine Erbanlage, hier die für Bluterkrankheit, im Gang ihrer Vererbung genau der Verteilung bestimmter Chromosomen folgt und das — was in Hunderten anderer Fälle in ähnlicher Weise bewiesen werden konnte — zeigt wieder, daß die Chromosomen wirklich die Träger der Vererbungsstoffe sind.

Nun dürft ihr endlich das Buch zuklappen, um den von all dieser Weisheit brummenden Kopf auszuruhen. Meinetwegen dürft ihr sogar schelten, daß dies Buch so nett und harmlos begann und jetzt immer mehr Anforderungen an die Aufmerksamkeit stellt. Leider habe ich keinen anderen Trost zur Hand als den des Zahnarztes: nur einen Augenblick noch, dann ist es vorüber, oder auch den des griechischen Weisen: „Denn vor die Tugend haben die Götter den Schweiß gesetzt", hinzufügend, daß der Weg zur Tugend noch nicht ganz zum Gipfel geführt hat. Ein kurzer, aber steiler Aufstieg steht uns noch bevor.

Elfter Abschnitt.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts sah der stille Garten des Königsklosters in Brünn gar merkwürdige Dinge. Da hatte Gregor Mendel, der spätere Abt des Klosters, zahllose Erbsenpflanzen ausgesät, aber beileibe nicht für die Klosterküche. Die einen blühten rot und die anderen weiß, manche wuchsen hoch, andere niedrig und wieder andere waren sonstwie verschieden. Kam die Zeit der Blüte, so bestäubte er sorgsam die Blüten, so wie er es für richtig hielt, ehe ihm die honigsammelnden Insekten ins Handwerk pfuschen konnten, sammelte später wieder die Samen und säte sie auf besonderen Beeten im Frühling wieder aus. Als er das viele Jahre hindurch getan hatte, schrieb er darüber ein kleines Schriftchen, das von Zahlen und Formeln wimmelte, in dem er verkündete, daß er das Gesetz entdeckt habe, nach dem die Eigenschaften der Pflanzen vererbt werden. Aber fast kein Mensch las es und diejenigen, die es sahen, fanden nichts Bemerkenswertes dahinter. Als der Abt unbekannt nach 20 Jahren starb, hatte es immer noch niemand gelesen. Da kamen um die Wende dieses Jahrhunderts drei Forscher auf die gleiche Fährte und gruben jenes verlorene Schriftchen wieder aus. Heute ziert ein Marmorstandbild Mendels die Stadt Brünn und eine ganze Wissenschaft, der Mendelismus, mit deren Ausbau zahlreiche Jünger beschäftigt sind, führt seinen Namen. Was haben die Erbsen im Klostergarten die Welt gelehrt?

1.

Wir trafen schon einmal die Tanten an der Wiege des hoffnungsvollen Sprößlings an, eifrig erörternd, ob er die Nase des Vaters, die Augen der Mutter und so fort habe. Die Ähnlichkeit des Kindes mit seinen Eltern, das von den Vorfahren überkommene körperliche Erbgut, wird von uns selbstverständlich als aus lauter Einzelzügen zusammengesetzt betrachtet. Will man also einen Einblick in die Vererbung der Eigenschaften erhalten, die ein Lebewesen kennzeichnen,

so ist es sicher die erste Aufgabe, zu erkennen, wie sich ein solches Einzelmerkmal vererbt. Da ist es nun wohl ohne weiteres klar, daß ein solcher Einblick nicht erlangt werden kann, wenn beide Eltern in der betreffenden Eigenschaft sich gleichen. Wenn etwa ein langhaariges Pudelpärchen wieder ebensolche Junge erzeugt, so wissen wir zwar, daß die Eigenschaft Langhaarigkeit vererbt wird, aber sonst nichts. Wollten wir aber erfahren, wie sie auf die Nachkommenschaft verteilt wird, und ob und wie sie von diesen wieder weitergegeben wird, so müßten wir schon ein langhaariges Tier mit einem nicht-langhaarigen paaren. Ein solcher Vorgang würde dann eine Kreuzung oder Bastardierung genannt und die Nachkommenschaft daraus Bastarde. Das ist allerdings nicht genau der Sinn des Wortes, wie er im Volk verstanden wird. Ein Hundezüchter möchte kaum die Nachkommen aus der Kreuzung eines schwarzen und eines weißen Pudels Bastarde nennen, so wenig wie der Laie damit einverstanden wäre, die Kinder einer blauäugigen Mutter und eines schwarzäugigen Vaters als Bastarde zu bezeichnen. Diesem Wort klebt eben aus alten Zeiten eine herabsetzende Bedeutung an, aus der Zeit, da man darunter das Kind von einem Vater edlen Blutes und einer Mutter unedlen Blutes verstand. Der Hundeliebhaber hält sich auch heute noch an den alten Sprachgebrauch und nennt Bastarde die Jungen einer edlen Hündin mit einem Köter. Wir wollen uns aber von Anfang an von diesem sprachlichen Vorurteil freimachen und als Bastard stets jegliches Wesen bezeichnen, dessen Eltern sich voneinander in wenigstens einer erblichen Eigenschaft unterscheiden.

Das, was Mendel sich nun vorgenommen hatte, war, die Vererbung der Einzeleigenschaften in der Weise zu erforschen, daß er Erbsenformen miteinander kreuzte, die sich zunächst nur in einer einzigen Erbeigenschaft voneinander unterschieden: also etwa eine rotblühende Rasse mit einer weißblühenden, eine hochwüchsige mit einer niederen, eine gelbsamige mit einer grünsamigen. Was war nun der Erfolg? Doch halt, jetzt wollen wir für einen Augenblick die geschichtliche Gerechtigkeit beiseite setzen. Wir wissen näm-

lich jetzt, daß in Mendels Versuchen in einem kleinen Punkt nicht der denkbar einfachste Fall vorlag und wir werden das Ganze besser verstehen, wenn wir mit einem einfacheren Beispiel beginnen.

Die zierliche Wunderblume kommt unter anderem auch in rotblühenden und weißblühenden Rassen vor (Abb. 143). Um

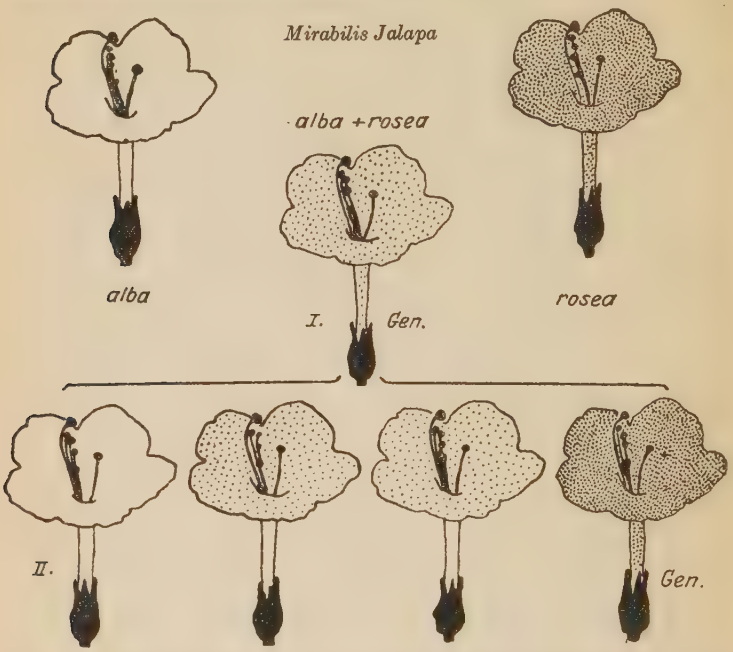


Abb. 143. Mendelspaltung bei Kreuzung einer weißen Wunderblume (*alba*) mit einer roten (*rosea*).

zu erkennen, wie diese Blütenfarbe vererbt wird, bestäuben wir einmal den Griffel der roten mit dem Pollen der weißen Blüte oder auch, was keinen Unterschied macht, umgekehrt. Aus deren Samen ziehen wir dann Bastardpflanzen heran, die alle hellrot blühen. Das erscheint uns ja auch verständlich, daß sich ein tiefes Rot mit Weiß zu einem Hellrot mischt. Nun ziehen wir aus den hellrotblühenden Bastarden einen neuen Jahrgang, in dem entweder jede Blüte mit ihrem

eigenen Pollen oder dem einer hellroten Schwesternblüte bestäubt wird. Was erwartet ihr wohl in dem neuen Jahrgang, den wir jetzt den zweiten Bastardjahrgang nennen? Wieder hellrote Blüten? Durchaus nicht! Unser Beet sieht vielmehr jetzt schön bunt aus. Es enthält sowohl weiße als auch rote und hellrote. Es erscheinen also im zweiten Bastardjahrgang wieder neben den hellroten Bastardblumen die reinen Farben weiß und rot der ursprünglichen Eltern. Jetzt wiederholen wir den Versuch auf vielen Beeten mit zahllosen Pflanzen und erhalten stets das gleiche Ergebnis.

Wie wir so das Auge über die Beete des zweiten Bastardjahrganges schweifen lassen, fällt uns eine Regelmäßigkeit in der Zahl der drei Sorten von Blütenfarbe auf. Von roten und weißen sind etwa gleich viele vorhanden, von hellroten aber etwa soviel wie von den beiden anderen Sorten zusammen. Da lohnt es sich wohl einmal, die Blüten auszuzählen. Das Ergebnis ist jedesmal das gleiche: genau die Hälfte ist hellrot, genau ein Viertel weiß und das restliche Viertel rot. Das ist uns nun zunächst noch unverständlich und so müssen wir geduldig noch einen Jahrgang ziehen. Den ziehen wir aber so, daß wir jede der drei Sorten rein halten, also die Griffel roter Blüten nur mit Pollen roter Blüten bestäuben, ebenso bei den weißen und hellroten. Im nächsten Jahr säen wir dann getrennte Beete aus für die Samen der drei Blütensorten. Kommt dann die Blütezeit, so wird unser Beet aus den Samen der roten Blüten wieder nur ausschließlich rote Wunderblumen enthalten, ebenso das Beet mit den Samen der weißen nur weiße; auf dem Beet der Samen von den hellroten Elternpflanzen finden sich aber wieder genau wie im Vorjahr alle drei Sorten, und zwar wieder zur Hälfte hellrot, und je ein Viertel rot und weiß. So können wir den Versuch beliebig viele Jahrgänge fortsetzen: aus rot- oder weißblühenden Pflanzen werden wir immer wieder nur rote oder weiße Nachkommenschaft erhalten, aus den hellroten aber stets alle drei Sorten. Das ist nun der Grundversuch, aus dem wir mit Mendel das Gesetz der Vererbung, das dahinterstecken muß, zu erkennen versuchen wollen.

Man hat im Lauf der Jahre eine Menge von Eigenschaften der Tiere und Pflanzen untersucht, Farben, Formen, chemische Besonderheiten, Instinkte und so fort. Es zeigte sich dabei für die meisten, daß der Ablauf der Vererbung der gleiche ist wie in unserem Beispiel und wo es zunächst anders aussah, ließ er sich schließlich doch auf das gleiche Gesetz zurückführen. Um es zu erkennen, wollen wir uns nochmals über folgendes klar werden: In dem ersten Bastardjahrgang hatten sich die Eigenschaften der Eltern scheinbar zu einem Mittelding vermischt. Aber nur scheinbar, denn im zweiten Bastardjahrgang waren die beiden Elternformen rot und weiß wieder aus dem hellroten Bastard heraus erschienen. Sie waren wieder völlig rein in der betrachteten Eigenschaft, denn sie lieferten immer nur wieder Nachkommen ihresgleichen. Dagegen spalteten die Nachkommen der hellroten Bastardform immer wieder in die drei Arten rot, weiß, hellrot auseinander. (Merkt euch das Wort „spalten" für diesen Vorgang!)

Nun sind wir an einem Punkt angelangt, an dem wir einiges von dem, was wir über Geschlechtszellen und Befruchtung hörten, verwenden können, zunächst nur ganz allgemein, später aber auch in den feinsten Einzelheiten. Denken wir einmal an die rein rotblühende Ausgangspflanze, die stets nur rote Nachkommenschaft hervorbringt. Bei der Befruchtung der Eizellen durch das Pollenkorn bringt, wie wir wissen, jede der beiden Geschlechtszellen die gleichen Erbeigenschaften mit. Zu diesen gehört hier natürlich das rote Blühen und so muß Eizelle wie Samenzelle (Pollen ist das Wort für Samenzelle im Pflanzenreich) die Eigenschaft „rote Blüte" enthalten und alle Geschlechtszellen sind einander in diesem Punkt gleich. Das gleiche gilt natürlich auch für die weiße Rasse; wir brauchen im letzten Satz nur weiß für rot zu setzen. Wird die Bastardbefruchtung ausgeführt, so kommt eine Eizelle, die die Eigenschaft „rot" enthält, zusammen mit einer Samenzelle, die die Eigenschaft „weiß" enthält (oder auch umgekehrt).

Um die vielen Worte zu sparen, wollen wir von jetzt ab

einfach von roten und weißen Geschlechtszellen reden; es wird das wohl niemand mißverstehen und glauben, daß sie wirklich gefärbt seien. Im Bastard mischt sich nun der Einfluß der väterlichen und mütterlichen Geschlechtszellen und er blüht hellrot. Jetzt kommen wir zu der wichtigen Frage nach der Beschaffenheit der Geschlechtszellen dieses Bastards. Die nächstliegende Idee wäre natürlich, daß sie alle die Eigenschaft hellrot tragen. Was wäre dann die Folge? Die Bastardnachkommen müßten dann auch hellrot sein. Tatsächlich sehen wir aber die Spaltung, bei der die Elternsorten wieder rein herauskommen. An diesem Punkt setzt nun die geniale Schlußfolgerung Mendels ein, ein Kolumbusei, wie so viele große Gedanken: Wenn die Nachkommenschaft einheitlich ist, wie die Eltern waren, dann waren auch die Geschlechtszellen, aus denen sie hervorgeht, nur einer Art. Ist aber die Nachkommenschaft verschiedenartig, so müssen auch die Geschlechtszellen, aus denen sie sich entwickelte, verschiedenartig gewesen sein. Nun hatte die Beobachtung gezeigt, daß bei der „Spaltung" die ursprünglichen Elternformen wieder rein hervorgehen. Die reine Form entsteht nur aus gleichartigen Geschlechtszellen; es müssen also reine rote Geschlechtszellen beiderlei Geschlechts dagewesen sein, um die rote Elternform wieder zu erzeugen und rein weiße, um die weiße Form wieder entstehen zu lassen. Mit anderen Worten: der hellrote Bastard aus rot und weiß kann nicht hellrote Geschlechtszellen gebildet haben; seine Geschlechtszellen müssen vielmehr rein die Eigenschaften der beiden Eltern enthalten, sie müssen teils weiß sein (nur die Eigenschaft weiß enthalten), teils rot (nur die Eigenschaft rot einschließen). Der Bastard also bildet reine Geschlechtszellen in bezug auf die Eigenschaften beider Eltern.

Nun ist mit einem Schlag der Erfolg des Versuches klar. Der hellrotblühende Bastard erzeugt in gleicher Zahl rote und weiße Geschlechtszellen, also rote und weiße Eier, rote und weiße Pollenkörner. Bei der Befruchtung sind dann vier Möglichkeiten gegeben: 1. ein rotes Ei wird von rotem Pollen befruchtet. Es entsteht eine rotblühende Pflanze, die ihrerseits rein ist, d. h. nur die Eigenschaft rot weiter vererben

kann; 2. ein weißes Ei wird von weißem Pollen befruchtet und die sich entwickelnde weißblühende Pflanze ist wieder rein weiß, wie die weißen Großeltern; 3. und 4. ein rotes Ei wird von weißem Pollen befruchtet oder umgekehrt und eine hellrote Bastardpflanze von gleichem Aussehen und Erbbeschaffenheit wie die Mutterpflanze muß entstehen, die also ihrerseits wieder zwei Sorten von Geschlechtszellen hervorbringt und so fort. So erklärt die einfache Erkenntnis, daß der Bastard Geschlechtszellen bildet, die in bezug auf die elterlichen Eigenschaften rein sind, das gesamte Ergebnis. Dies ist die Grundlage von Mendels Gesetz. Alles weitere sind nur Folgerungen daraus.

3.

Ehe wir solche Folgerungen kennenlernen, müssen wir unseren Blick nochmals rückwärts wenden. Ob nicht schon dem einen oder anderen aufmerksamen Leser der Gedanke weiterer Zusammenhänge gekommen ist? Wir reden da stets von Erbeigenschaften, die in den Geschlechtszellen weitergegeben werden. Wir hören, daß im Bastard die Hälfte der Geschlechtszellen die eine, die andere Hälfte die andere Eigenschaft mitbekommt. Ruft das nicht unsere Erinnerung an andere Erfahrungen wach, wo auch die eine Hälfte der Geschlechtszellen etwas anderes erhielt als die andere, nämlich ein Chromosom mehr? Sollte hier nicht irgendwo der Schlüssel zu der ganzen Mendelspaltung liegen, sollten nicht die Chromosomen hinter der ganzen Erscheinung stecken? Da wollen wir doch gleich einmal zusehen! Der springende Punkt war, daß der Bastard Geschlechtszellen bildet, die in bezug auf die Eigenschaften der Eltern rein sind. Wenn nun wirklich, wie wir sahen, die Chromosomen die Fuhrwerke sind, auf denen die Erbeigenschaften von Zelle zu Zelle fahren, so ist es wünschenswert, zuzusehen, ob damit jene Tatsache verständlicher wird. Nehmen wir also an, daß in einem der Chromosomen der rotblühenden Pflanze die Eigenschaft rot niedergelegt sei; in dem entsprechenden Chromosomenpaar der weißen Pflanze hieße es weiß. Auch hier wol-

len wir uns jetzt die Sprache etwas erleichtern, indem wir in bildlichem Sinn von weißen und roten Chromosomen sprechen (Abb. 144—146). Es enthält also jede reife Geschlechtszelle, gleich ob Ei oder Pollen, der roten Pflanze neben anderen ein rotes Chromosom, jede der weißen Pflanze ein weißes Chromosom. Bei der Bastardierung kommt somit im befruchteten Ei ein weißes und ein rotes Chromosom zusammen, und der Bastard muß dieses Paar in jeder seiner Zellen besitzen.

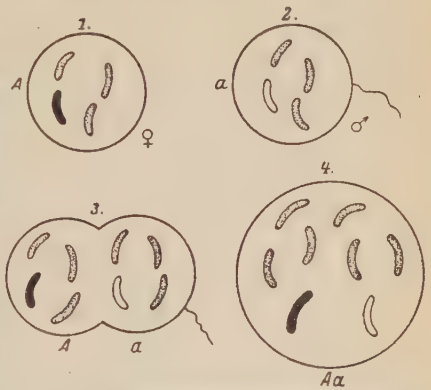


Abb. 144. Chromosomen und Mendelspaltung. *1* Eizelle *A*, *2* Samenzelle *a* der Bastardeltern. *3* die Bastardbefruchtung. *4* eine Zelle des Bastards *Aa*.

Nun kommt wieder der kritische Punkt, die Bildung der Geschlechtszellen des Bastards. Ich denke, wir haben noch nicht vergessen, was die Chromosomen bei der Reifung der Geschlechtszellen tun: wie sich die beiden Partner eines Paares, ein vom Vater und ein von der Mutter stammendes, zusammenlegen und dann ein jedes nach einem Teilungspol wandert. Erfolgt dies nun bei unserem Bastard, so legt sich im Kranz der Chromosomen auch das rote mit dem weißen zusammen, und bei der Teilung rückt das rote zu dem einen, das weiße zu dem anderen Pol. So entstehen zwei befruchtungsfähige Geschlechtszellen, die nur entweder ein weißes oder ein rotes Chromosom enthalten, Geschlechtszellen, die in bezug auf weiß oder rot rein sind. Da erkennen wir denn nun klar, warum der Bastard nur reine Geschlechtszellen liefert: weil die Trennung der Chromosomenpaare bei der Reifungsteilung gar keine andere Möglichkeit zuläßt. Wir sehen auch, daß die ganze Erscheinung der Mendelschen Vererbung einfach eine Folge aus der Tatsache ist, daß die betreffenden Eigenschaften ihren Sitz in den Chromosomen

haben. Mendel selbst konnte dies noch nicht ahnen, denn damals waren die Chromosomen noch nicht entdeckt. Um so bewundernswerter der Scharfblick, der ihn die im allgemeinen richtige Erklärung finden ließ.

Nun ist es auch an der Zeit, daß wir erklären, warum wir uns bisher an das Beispiel der Wunderblume hielten, anstatt Mendels ursprünglichen Erbsenversuchen zu folgen. Der

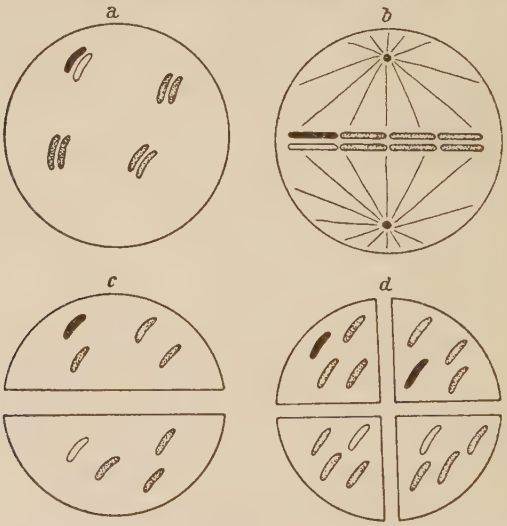


Abb. 145. Chromosomen und Mendelspaltung (Fortsetzung). *a* Vor der Reifeteilung der Geschlechtszellen des Bastards legen sich die elterlichen Chromosomen paarweise zusammen. *b* Die Reifeteilung, die das schwarze und weiße Chromosom auf zwei Tochterzellen verteilt (*c*). *d* Die reifen Geschlechtszellen des Bastards zur Hälfte mit dem schwarzen, zur Hälfte mit dem weißen Chromosom.

Grund ist der, daß bei sehr vielen mendelnden Eigenschaften, wie man kurz sagt, so auch bei denen der Erbsen, die elterlichen Eigenschaften im Bastard sich nicht zu einem Mittelding zusammenfügen, wie rot und weiß zu hellrot, sondern daß eine Eigenschaft vollständig vorherrscht und die andere gar nicht im Bastard sichtbar werden läßt. Wird also eine rotblühende Erbse mit einer weißblühenden gekreuzt, so unterdrückt das Rot das Weiß im Bastard und er blüht rot.

Die Gesetze selbst werden aber durch diese Besonderheit gar nicht betroffen. Auch dieser Bastard bildet zur Hälfte rote, zur anderen Hälfte weiße Geschlechtszellen, und im nächsten Jahrgang erscheinen wieder ein Viertel rein rote, ein Viertel rein weiße und zwei Viertel Bastarde, die nur wegen des Vorherrschens von rot auch rot erscheinen. Es werden also in Wirklichkeit erhalten drei Viertel rote (von denen aber nur das eine Viertel rein ist) und ein Viertel weiße. Das ist also eine kleine Verwicklung, die man leichter versteht, wenn man vorher den einfacheren Fall der Wunderblume kennt.

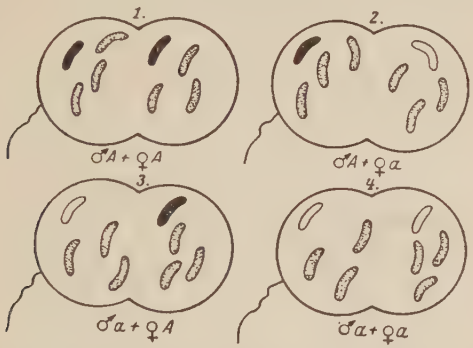


Abb. 146. Chromosomen und Mendelspaltung (Fortsetzung). Die vier Möglichkeiten der Befruchtung zwischen den Geschlechtszellen des Bastards.

4.

Nun sind wir aber noch lange nicht zufrieden, so wenig, wie es Mendel selbst war. Wir hatten zu unserem Kreuzungsversuch sorgfältig Pflanzen und Tiere ausgesucht, die sich nur in einer Eigenschaft voneinander unterschieden. Es wäre uns aber wohl viel leichter geworden, solche zu finden, die sich in mehreren Punkten verschieden zeigten; so richtet sich unser Interesse auf die Frage, wie wohl die Mendelspaltung verläuft, wenn mehrere verschiedene Eigenschaftspaare von den Eltern in die Kreuzung eingebracht werden. Die Antwort darauf ist recht einfach. Denken wir uns, wir kreuzen wieder zwei Wunderblumen, von denen die eine rot

blüht und große Blumenblätter hat, die andere weiß blüht und kleine Blumenblätter zeigt. Der Bastard soll wieder die Mitte zwischen den Eltern halten, hat also hellrote, mittelgroße Blumenblätter. Nun ziehen wir wieder hieraus den zweiten Bastardjahrgang, und wenn er in Blüte steht, zählen wir die Blüten aus. Zunächst achten wir nur auf die Farbe und stellen selbstverständlich ein Viertel rote, zwei Viertel hellrote, ein Viertel weiße fest. Nun zählen wir nochmals, achten aber diesmal nur auf die Größe der Blumenblätter und finden wieder erwarteterweise ein Viertel große, zwei Viertel mittlere, ein Viertel kleine. Nun zählen wir nochmals und achten auf beides zugleich. Da wird es uns nicht wundern, daß wir rote Blumen finden sowohl mit großen wie mit kleinen und mittleren Blättern, ebenso weiße und hellrote mit allen Größenarten von Blütenblättern. Das heißt also, daß jede Eigenschaft ihre Mendelspaltung ausführt, ohne sich um die anderen zu kümmern, und daß dann der Zufall alle Möglichkeiten zusammenwürfelt, wie es nur denkbar ist, wobei jede denkbare Zusammenstellung gleich viel Aussicht hat, zu erscheinen. Je mehr Eigenschaftspaare also da sind, um so mehr verschiedene Zusammenstellungen sind möglich, da jede mit jeder anderen zusammen erscheinen kann. Das ist also eine Art von Würfelspiel im zweiten Bastardjahrgang, und die Zahl der verschiedenen möglichen Würfe wächst sehr schnell mit der Zahl der Eigenschaftspaare. Wenn sich die gekreuzten Tiere oder Pflanzen in zehn verschiedenen Eigenschaftspaaren unterschieden, dann sind im zweiten Bastardjahrgang bereits mehr als eine Million verschiedener Zusammenstellungen der Eigenschaften möglich, und ein Beet, das eine solche Zucht enthielte, erschiene wie ein hoffnungsloses Gemisch aller erdenklichen Formen; und es müßte ein recht großes Beet sein, daß es jede mögliche Form auch nur einmal zeigte.

Wir sagten vorher, daß der Zufall alle irgend möglichen Zusammenstellungen zusammenwirft. Ich las einmal in einer Zeitung einen jener gelehrt sein sollenden Aufsätze unter dem Strich, die viele Worte und wenig Sinn enthalten, über den Zufall. Er begann: „Der Zufall kennt kein Gesetz."

Wäre das richtig, so gäbe es z. B. keine Versicherungsgesellschaften, deren Erfolg auf der genauesten Kenntnis der Gesetze des Zufalls beruht, auch keine Spielhölle in Monte Carlo und keine vernünftige Anwendung der Mendelschen Vererbungsgesetze. Das, was wir Zufall nannten, hat eben in Wirklichkeit auch seine Gesetze, nach denen es sich genau vorausberechnen läßt, wie oft bestimmte Zusammenstellungen unter einer bestimmten Anzahl von Fällen vorkommen müssen: Diese Gesetze sind die der Wahrscheinlichkeit.

Nehmen wir einmal an, wir wollten den Gang der Vererbung zweier mendelnder Eigenschaften feststellen und dabei zur Abwechslung einmal ein Beispiel aus dem Tierreich benutzen. Sicher habt ihr schon beim Tierhändler Meerschweinchen gesehen, die der Tierliebhaber in allen möglichen Rassen züchtet: schwarze, weiße, gescheckte, langhaarige, kurzhaarige und viele andere. Wir nehmen nun zwei heraus, die sich in zwei Eigenschaften voneinander unterscheiden: ein schwarzes mit den gewöhnlichen kurzen Haaren und ein weißes mit langem Seidenhaar (Abb. 147). Die beiden paarweise einander gegenüberstehenden mendelnden Eigenschaften sind also schwarz-weiß, kurzhaarig-langhaarig. Die Bastarde aus beiden sind nun alle schwarz und kurzhaarig; somit haben wir einen ähnlichen Fall vor uns wie bei Mendels Erbsen, wo im Bastard die Eigenschaften nicht als ein Mittelding zwischen denen der Eltern erscheinen, sondern eine die andere unterdrückt: schwarz unterdrückt weiß, kurzhaarig aber langhaarig. Nun soll wieder der zweite Bastardjahrgang gezogen werden, in dem die Mendelspaltung eintritt. Wir wissen, daß der Bastard reine Geschlechtszellen bildet, wobei jede Erbeigenschaft selbständig verteilt wird. Also schwarz wie weiß, kurzhaarig wie langhaarig werden unabhängig voneinander auf die Geschlechtszellen verteilt, wie es der Zufall gibt. Wenn nichts dem Zufall nachhilft, also ihn nach der einen oder anderen Seite beeinflußt, so werden alle Möglichkeiten der Zusammenstellung der beiden Eigenschaftspaare gleich oft vorkommen: Die Wahrscheinlichkeit ist für alle die gleiche.

Es sind nun aber vier Möglichkeiten für die Geschlechts-

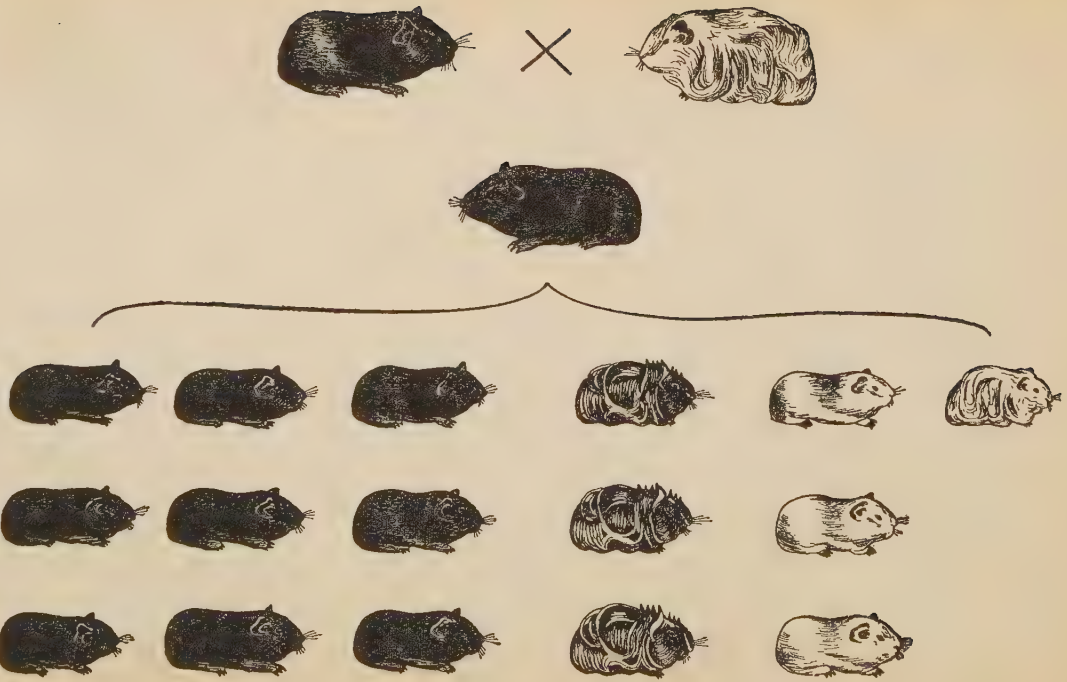


Abb. 147. Mendelspaltung nach Kreuzung eines schwarzen glatthaarigen und eines weißen langhaarigen Meerschweinchens. In der ersten Reihe die Eltern, in der zweiten Reihe der Bastard. Darunter die Mendelspaltung in der zweiten Bastardgeneration.

zellen gegeben: sie können enthalten entweder schwarz und kurzhaarig oder weiß und kurzhaarig, oder schwarz und langhaarig oder weiß und langhaarig. Werden recht viele solche Geschlechtszellen erzeugt, dann wird jede Art im Durchschnitt gleich oft vorhanden sein. Das trifft in gleicher Weise für die Eizellen des Bastardweibchens wie für die Samenzellen des Bastardmännchens zu. Wenn es nun zur Befruchtung kommt, und nichts die freie, zufällige Vereinigung irgendeiner Eiart mit irgendeiner Samenzellart verhindert, so kann jede der vier Eizellarten von irgendeiner der vier Samenzellarten befruchtet werden, da ja jede Sorte beider gleich häufig vorhanden ist. Unter einer großen Zahl von Fällen ist also jede Möglichkeit gleich oft gegeben; vier verschiedene Eier mit vier verschiedenen Samenzellen ergeben aber sechzehn verschiedene Möglichkeiten.

Nun nehmt einmal einen Bogen Papier zur Hand und schreibt diese sechzehn Möglichkeiten auf: Also zuerst das Ei schwarz-kurzhaarig mit allen vier Arten Samenzellen befruchtet; dann ebenso das Ei weiß-kurzhaarig und in gleicher Weise die Eier schwarz-langhaarig und weiß-langhaarig. Das sind die sechzehn Möglichkeiten. Nun wollen wir nicht vergessen, daß weiß von schwarz, langhaarig von kurzhaarig unterdrückt werden, wenn sie im gleichen Tier zusammenkommen. Nun nehmen wir einen Blaustift und unterstreichen alle die Befruchtungen, die gleichzeitig schwarz und kurzhaarig zusammenbringen. (Ob weiß und langhaarig auch noch dabei sind, ist gleichgültig, da sie ja unterdrückt werden.) Wir werden genau neun solche unterstreichen können. Dann unterstreichen wir mit Rotstift die Befruchtungen, die schwarz und langhaarig (ohne kurzhaarig dabei) zusammenbringen und finden drei solche. Nun kommt ein gelber Strich unter weiß und kurzhaarig (wieder ohne schwarz, das das Weiß unterdrücken würde) und es sind wieder drei. So bleibt nur noch eine von den sechzehn Befruchtungsmöglichkeiten übrig, die nicht unterstrichen wurde, die Verbindung von nur weiß und langhaarig. So finden wir also, daß im zweiten Bastardjahrgang unter sechzehn Jungen neun schwarz und kurzhaarig, drei schwarz und langhaarig, drei weiß und kurz-

haarig, eines weiß und langhaarig sein müssen. Das, was wir Zufall nannten, läßt sich also in seiner Wirkung genau berechnen; der wirkliche Versuch wird aber immer mit dieser Berechnung übereinstimmen.

Das lehrt uns nun eine weitere wichtige Folgerung der Mendelschen Gesetze, nämlich, daß wir nicht nur voraussagen können, was aus der Bastardspaltung im zweiten Jahrgang herauskommt, sondern auch wie viele von jeder Sorte erscheinen. Es gehört nur ein ganz klein wenig Rechenkunst dazu, das für jede andere Zahl von Eigenschaften auszurechnen. Das gleiche Beispiel lehrt uns aber etwas noch viel Wichtigeres. Wir hatten zur Kreuzung ein schwarz-kurzhaariges und ein weiß-langhaariges Tier verwandt. Im zweiten Bastardjahrgang waren diese beiden Sorten wieder richtig zum Vorschein gekommen. Außerdem erschienen aber weiß-kurzhaarige und schwarz-langhaarige, also etwas ganz Neues. Was bedeutet das aber allgemein gesprochen? Es bedeutet, daß die Bastardierung uns in den Stand setzt, jede denkbare Zusammenstellung von Eigenschaften in einem Tiere zu erzielen, falls wir zwei kreuzbare Elterntiere besitzen, die die Eigenschaften mitbringen. Wenn wir eine gescheckte Rindviehrasse mit langen Hörnern besitzen, und der Nachbar eine schwarze Rasse mit kurzen Hörnern, und wir wünschen eine gescheckte Rasse mit kurzen Hörnern, so können wir sie durch Bastardierung nach genau vorausberechenbaren Gesetzen erhalten. Sehen wir von der praktischen Wichtigkeit dieser Erkenntnis für Tier- und Pflanzenzucht ab, so eröffnet sich uns da plötzlich eine überraschende Aussicht auf die wichtigsten allgemeinen Fragen, die wir von anderer Richtung herkommend schon öfters berührt haben.

5.

Wir wenden unseren Blick wieder zurück zu der an den unsterblichen Namen Darwins geknüpften Anschauung von der Herkunft der jetzt lebenden Wesen. Darwin hatte das Wort von der natürlichen Zuchtwahl geprägt, ein Gegenstück zu der künstlichen Zuchtwahl, die der Tier- und Pflanzen-

züchter zur Verbesserung seiner Rassen ausübt. Unter der Nachkommenschaft der Haustiere, meinte er, sind immer auch solche, die etwas von dem Wesen ihrer Eltern abweichen. Der scharfe Blick des Züchters erkennt sie und wenn er glaubt, daß diese besonderen Eigenschaften seinen Zwecken dienlich seien, so wählt er solche Einzeltiere aus, um von ihnen weiterzuzüchten. In ihrer Nachkommenschaft werden aber wieder einzelne sein, die die betreffende wünschenswerte Eigenschaft in noch höherem Maße zeigen und sie werden wieder zur Nachzucht ausgewählt. So wird mit jedem Jahrgang die günstige Eigenschaft gesteigert, bis der Züchter sich am Ziel sieht und die gewünschte Neuheit durch folgerichtige Zuchtwahl Schritt für Schritt erzüchtet hat. Nach Darwin arbeitet nun auch die Natur in der gleichen Weise. Nur ist es da nicht das denkende Hirn des Züchters, das auswählt, sondern der unerbittliche Kampf ums Dasein, der Lebensuntüchtiges ausmerzt, Tüchtiges überleben läßt und die nützlichen Eigenschaften so von Jahrgang zu Jahrgang steigert, daß sie über ihre Mitbewerber immer wieder den Sieg davontragen. So wie sich der Züchter einer kleinen Besonderheit, die das ungeübte Auge kaum bemerken würde, bemächtigt und sie folgerichtig durch Auswahl der Besten immer mehr bis zur Vollkommenheit steigert, so wählt auch der Kampf ums Dasein aus den kleinen Abweichungen von der Norm, die zum Wesen des Lebens gehören, die Brauchbaren aus und steigert sie durch fortgesetzte Auswahl so, daß schließlich etwas ganz Neues entsteht.

Wir sahen nun soeben am Meerschweinchenbeispiel, daß etwas Neues auf ganz andere Weise entstehen kann, nämlich durch neue Zusammenstellungen von Eigenschaften nach Bastardierung. Das macht uns aber mißtrauisch und veranlaßt uns, die erfolgreiche Tätigkeit des Züchters einmal etwas genauer unter die Lupe zu nehmen. Es ist wahr, er bringt merkwürdige Dinge fertig. In der Tierzucht gibt es auch Moden wie bei Kleidern, und wenn eine bestimmte Form oder Farbe Mode wird, so kann der Züchter garantieren, daß er in einer gewissen Zeit ein solch neumodisches Tier machen kann. Schauen wir nun einmal genauer zu, wie er es macht.

Manche müßige Frauen benötigen als Gegenstand ihrer Liebe jene lächerlichen Geschöpfe von Schoßhündchen, und da es langweilig wäre, immer das gleiche Spielzeug zu haben, so wechselt auch hier die Mode. Heute ist der Gipfel der Schönheit ein Hündchen mit spindeldürren Beinen und so wenig Haaren, daß es ständig vor Frost zittert; morgen aber besitzt die wahre Schönheit fast gar keine Beine und den Pelz eines Polarbären; dann kommen lange Köpfe, kurze Köpfe, gespaltene Nasen, krumme Waden, Triefaugen und viele andere Schönheiten. All diese Neuheiten muß der Hundezüchter liefern. Aber wie bringt er wohl Dackelbeine, Pudelhaare, Jagdhundrumpf, Mopskopf und Bulldoggennase zusammen? Durch Zuchtwahl? Niemals! Einzig und allein durch Bastardierung. Wie man in den Wald hineinruft, so schallt es auch wieder heraus; was der Züchter in die Rassen hineinbastardiert, das bekommt er auch wieder heraus. Hat er eine Bulldogge und einen Dackel, so kann er durch Bastardzusammenstellung auch ein Tier mit Spaltnase und krummen Beinen bekommen. Hätte er aber keine Dackel, so bekäme er wohl nie ein Tier mit krummen Beinen fertig. Fragt ihr ihn nun aber, was ihn zum Erfolg geführt hat, so wird er versichern: Zuchtwahl. Gewiß hat er auch ausgewählt, nämlich die gewünschten Eigenschaftszusammenstellungen in den Nachkommen der Bastarde. Sonst aber nichts.

Das nimmt nun allerdings dem Erfolg des Züchters etwas von dem Geheimnisvollen, mit dem er seit alten Zeiten umgeben wurde. Wir können keine Zauberei mehr darin erblicken, wenn wir die mächtigen Mastschweine sehen, deren Leib fast auf dem Boden schleift, die die Kunst des Züchters aus jenen armseligen struppigen Geschöpfen herangezüchtet hat, die auf Dürers Kupferstich um den verlorenen Sohn schnuppern. Denn wenn wir nachforschen, was da geschehen ist, finden wir, daß vor langer Zeit aus Ostasien eine dort heimische Schweineart gebracht wurde, deren wichtigste Eigenschaft die Neigung zu gewaltigem Fettansatz war. Sie wurde mit unseren armseligen Schweinen gekreuzt, oder, wie der Züchter sagen würde, diese wurden veredelt, und die richtige Auswahl der wünschenswerten Zusammenstellungen

unter den Bastardnachkommen ergab das erfreuliche Zuchtresultat. Da fällt uns auch der berühmte „Pflanzenzauberer" aus Kalifornien ein, dessen Geschick es gelang, zahllose merkwürdige Neuheiten heranzuziehen, wie Pflaumen ohne Kern und Kaktus ohne Stacheln. Heute werden seine Erfolge mit viel Reklame von dollargierigen Geschäftsleuten ausgebeutet. In der Hauptstraße San Franziskos sah ich einen großen Laden, in dessen Schaufenster ein paar Schafe gut und billig von stachellosem Kaktus lebten (falls kein Schwindel dahinter steckte!). Wie wurde diese Pflanze erzüchtet, die, wenn sie sich bewährte, was bis jetzt noch nicht der Fall ist, ungeheure dürre Landstriche der Schafzucht erschließen würde? Durch Kreuzung einer unscheinbaren stachellosen Kaktusart mit einer großen saftigen, aber stacheligen und Bastardzusammenstellung dieser Eigenschaften. Also keine Zauberei, sondern Mendelei!

6.

Nun fürchte ich, es gründlich mit denen unserer Leser verdorben zu haben, die selbst Züchter sind, und so muß ich es doch versuchen, sie wieder zu versöhnen. Einmal, indem ich versichere, daß es eine sehr große Leistung war, zu entdecken, wie man die Gesetze der Bastardierung praktisch anwendet, ohne eine Ahnung von ihrem Bestehen zu haben. Sodann noch eine weitere Verbeugung vor ihrem Scharfblick in einem anderen Punkt. Doch da müssen wir zuerst etwas weiter ausholen.

Die Zuchtwahl kann also neue Eigenschaften nicht schaffen und doch müssen sie irgendwoher kommen. Wenn wir an die uns am nächsten vertrauten Haustiere denken, etwa an den Hund, so unterliegt es doch wohl keinem Zweifel, daß er einmal vom Menschen aus einem Wildhund gezähmt wurde. Schauen wir uns nun die Wildhunde in der Natur, wie Wölfe, Schakale, Füchse an, so finden wir niemals solche mit Mopsköpfen oder Dackelbeinen oder Pudelhaaren oder bunter Scheckung. Nehmen wir eine andere Form, die Maus. In der Natur hat sie stets die graue Wildfarbe, aber die Lieb-

haber, die Mäuschen züchten, können uns weiße, schwarze, braune, gelbe, gescheckte, silbrige und viele andere zeigen. Wo kommen sie her? Würden wir aufmerksam alle Mäuse im Freien betrachten, so würden wir schließlich doch einmal unter Millionen eine weiße oder schwarze oder gescheckte finden. Aber sie hätte wohl in der Natur nicht viel Erfolg. Schon früher sagten wir einmal, daß die Zuchtwahl sicher diesen Joseph, der sich im bunten Rock mausig macht, ausmerzen würde. Greifen wir ihn aber heraus und züchten wir ihn in der Gefahrlosigkeit unseres Käfigs weiter, dann können wir leicht einen Stamm weißer oder schwarzer Mäuse heranziehen. Ebenso ist es mit den Hunden. Ein dackelbeiniger Wolf, der in der Natur plötzlich entstünde, wäre sicherlich verloren; seine Stammesgenossen fräßen ihn auf. Findet ihn aber ein Mensch auf, oder tritt beim Hundezüchter in einer wildhundartigen Zucht ein dackelbeiniges Tier auf, dann sagt sich sein Besitzer: aha, den könnte ich ganz gut zum Dachsschliefen gebrauchen, da er mit seinen kurzen Beinen das Wild in die Röhre hinein verfolgen kann. So greift er ihn heraus und züchtet eine Dackelnachkommenschaft. So machten es wohl in Wirklichkeit die alten Ägypter, auf deren Grabmonumenten schon Dackel abgebildet sind. Allerdings ist das nur eine Mutmaßung. In einem recht ähnlichen Fall ist aber die Geschichte wirklich bekannt. Vor etwa einem Jahrhundert fiel in der Schafherde eines amerikanischen Farmers ein Lamm mit Dackelbeinen. Da er manchen Ärger und Verlust dadurch erlitten hatte, daß seine Schafe die Hürden übersprangen, kam ihm dies Tier gerade recht, und er züchtete eine Rasse dackelbeiniger Otterschafe daraus. Später aber verlor sich das Interesse an ihnen und man ließ sie aussterben. Da haben wir also den Punkt, an dem der Scharfblick des Züchters wirklich vonnöten ist, in dem Erkennen plötzlich auftretender neuer Erbeigenschaften, die ihm von Nutzen sein können.

Das kommt uns nun wohl etwas überraschend, daß neue Eigenschaften ganz plötzlich und von Anfang an in aller Vollkommenheit heraussprungen sollen, ohne daß irgendein Grund dafür sichtbar wäre. Es sollte uns aber eigentlich

geradezu selbstverständlich erscheinen, wenn wir ein wenig darüber nachdenken, was wir über Mendelgesetze und Chromosomen wissen. Jene Gesetze hatten uns gelehrt, daß die Eigenschaften nach Bastardierung wie die Würfel im Becher durcheinandergewürfelt werden können, ohne ihre Einheitlichkeit zu verlieren. Wir hatten dies Würfelspiel verstehen gelernt, als wir erkannten, daß es irgend etwas in den Chromosomen Gelegenes ist, das die Eigenschaften bestimmt, und daß die Eigenschaften dem Spiel der Verteilung der Chromosomen folgen müssen. Das, was in den Chromosomen enthalten ist, ist nun natürlich nicht die Eigenschaft selbst, sondern irgendein Stoff, ein Eigenschaftsbestimmer, der dafür verantwortlich ist, daß im richtigen Augenblick und an der richtigen Stelle die richtige Eigenschaft entsteht. Was muß dann das Auftreten einer neuen Eigenschaft bedeuten? Doch wohl das Erscheinen eines neuen Eigenschaftsbestimmers im Chromosom. Ein solcher aber kann nur gedacht werden als vorhanden oder nicht vorhanden. Tritt er neu auf, so muß auch die ganze Eigenschaft, der er zugeordnet ist, neu erscheinen. Das Erscheinen kann aber kein anderes als ein plötzliches sein. Es wäre nun sehr schön, zu wissen, was solch ein wichtiges Ereignis hervorruft, vielleicht sogar es in die Hand zu bekommen, es beliebig zu tun. Leider haben bisher die eifrigen Bemühungen vieler Forscher diesen Erfolg noch nicht gezeitigt. Auch wissen wir noch nicht bestimmt, ob es nicht doch vielleicht noch andere Möglichkeiten für die Entstehung neuer Eigenschaften gibt. Seien wir aber mit dem bis jetzt erreichten zufrieden und begnügen uns, noch weitere Folgerungen daraus kennenzulernen.

7.

Wäre die alte Auffassung richtig, daß die Zuchtwahl die Eigenschaften schafft, indem sie kleine nützliche Abänderungen häuft, so wäre von allem Anfang an die Ausbildung von etwas Neuem nur möglich, wenn es auch nützlich ist. Die Auffassung der plötzlichen sprungweisen Entstehung von Neuem dagegen braucht mit der Nützlichkeit oder Schäd-

lichkeit nicht zu rechnen. Diese haben hier nichts mit der Entstehung der neuen Eigenschaft zu tun, nur mit ihrer Erhaltung. Etwas geradezu Schädliches wird natürlich von der Zuchtwahl sofort ausgemerzt, sei es, daß es innerlich lebensunfähig ist, sei es, daß es dadurch leichter seinen Feinden erliegt. Eine gleichgültige oder gar nützliche Eigenschaft kann aber erhalten werden. Dabei mag es sogar vorkommen, daß etwas ursprünglich ganz Gleichgültiges eines Tages die höchste Bedeutung bekommt. Denken wir etwa an das zurück, was wir von der Widerstandsfähigkeit unseres Spulwurmes den Verdauungssäften gegenüber hörten. Stellen wir uns dann einmal die Vorfahren dieses Wurmes vor, die in Wasser oder feuchter Erde lebten. Sicher wird gar oft einer in den Darm eines Schweines gelangt und dort einfach verdaut worden sein. Nun gab es wohl auch bei jenen Würmern eine Menge plötzlich entstehender Eigenschaften verschiedener Art. Da soll einmal die Eigenschaft entstanden sein, ein bestimmtes Enzym zu erzeugen, eine Fähigkeit, die zunächst wertlos und gleichgültig war. Nun wurde ein solcher Wurm von einem in der Erde wühlenden Schwein verschluckt und siehe da, das Enzym verhinderte das Verdautwerden und gestattete ihm, sich in der neuen Umgebung anzusiedeln. (Vorausgesetzt, daß er auch die sonstigen, dazu nötigen Eigenschaften besaß.) So können wir uns also schon vorstellen, daß das, was schließlich als eine sehr nützliche Anpassung erscheint, ursprünglich als bedeutungsloses Erzeugnis des Zufalls erschien, dem erst in neuer Umgebung plötzlich eine lebenswichtige Bedeutung zuteil wurde.

Dieses Spulwurmbeispiel war nur ein angenommener Fall, über den wir nichts weiter als Vermutungen anstellen können. Aber mit dem täglichen Fortschritt, den die Versuche zahlreicher wißbegieriger Forscher bringen, kommen allmählich auch wirkliche Fälle in den Bereich der Erklärungsmöglichkeit. So wollen wir noch ein wenig hiervon hören. Fern am Rand des südlichen Eismeeres liegt eine einsame Gruppe kleiner Felseninseln, jahraus, jahrein von den mächtigen Polarstürmen umbraust. Nur selten verirren sich einmal dahin menschliche Wesen, Walfischfänger oder Naturforscher.

Diese entdeckten unter anderem auf den Eilanden eine ganze Anzahl von Insekten, Schmetterlingen, Fliegen, Käfern, die alle keine oder verkümmerte Flügel besaßen (Abb. 148 *a—c*). Sicher eine erstaunliche Tatsache, die eine Erklärung erheischt. Die alte Auffassung wäre, daß die Eilande ursprünglich von gewöhnlichen geflügelten Insekten bewohnt waren, von denen nur, wie immer in der

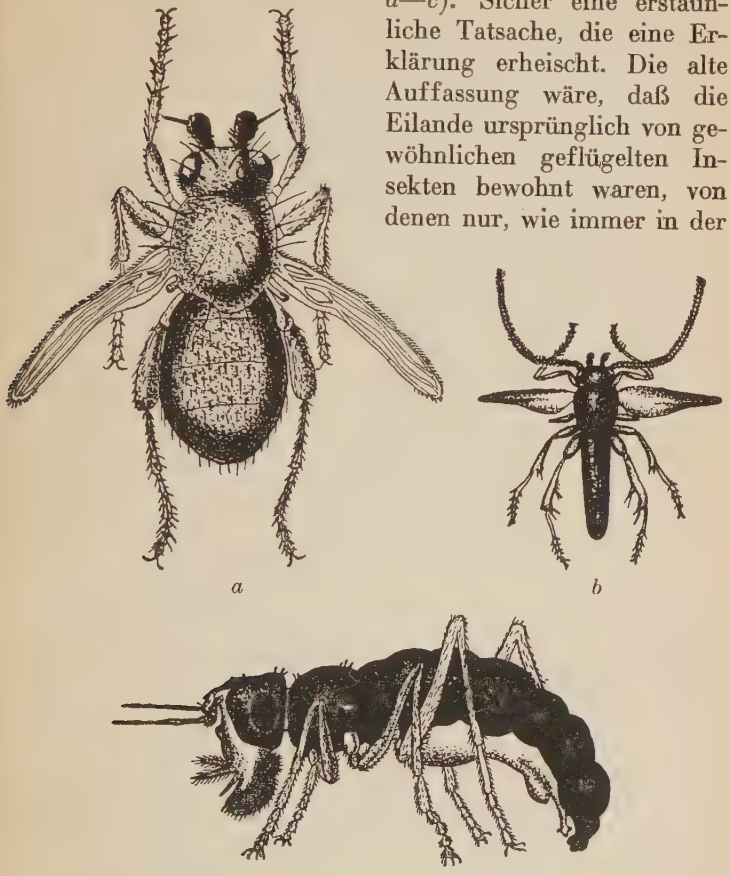


Abb. 148. *a* Eine Fliege mit verkümmerten Flügeln. *b* Ein Schmetterling mit verkümmerten Flügeln. *c* Eine flügellose Fliege.

Natur, einige etwas besser, andere schlechter flogen, einige längere, andere kürzere Flügel hatten. Der heftige Sturm trieb aber stets die mutigen Flieger aufs Meer hinaus, wo

sie umkamen, während die schlechten Flieger sich mehr am Boden hielten, verschont blieben und Nachkommen erzeugen konnten. So vollzog sich die Auswahl der schlechter fliegenden immer und immer wieder, bis die züchtende Auswahl Rassen flügelloser Tiere erzeugt hatte.

Auf Grund des nunmehr über die Erbeigenschaften Gelernten können wir aber einen ganz anderen Erklärungsweg gehen. Wir brauchen nur einmal eine Insektensammlung durchzusehen, um zu finden, daß es auch bei uns ohne Polarsturm eine ganze Anzahl flügelloser Arten von Fliegen, Käfern, Schmetterlingen gibt. Die Eigenschaft Flügellosigkeit kann also auch unabhängig von den Bedingungen der sturmumbrausten Insel entstehen. Nun wollen wir einmal gemeinsam in das Arbeitszimmer eines Forschers treten, der jahraus, jahrein damit beschäftigt ist, die Dinge aufzuklären, von denen wir uns hier unterhalten. Da sehen wir Hunderte von Glasflaschen, in denen er Millionen kleiner Fruchtfliegen heranzieht, die sich von Bananen nähren und sichtlich als einzigen Lebenszweck die Erzeugung von Nachkommen haben, die ihrerseits wieder nach wenigen Tagen das gleiche tun. Unter all diesen Fliegen erscheinen nun von Zeit zu Zeit ganz plötzlich neue Eigenschaften. Der Forscher wählt die betreffenden Tiere aus, stellt fest, wie sie sich nach Bastardierung vererben und ist auf Grund scharfsinniger Überlegungen imstande, uns genau zu sagen, in welchem Chromosom der Fliege, sogar an welchem Platz im „Hufeisen", der betreffende neue Eigenschaftsbestimmer erschienen ist. Eine von diesen Eigenschaften, die da unvermittelt erschienen, war auch das plötzliche und erbliche Verschwinden der Flügel, hervorgerufen durch den Ausfall des Eigenschaftsbestimmers für Flügelwachstum aus einem bestimmten Chromosom.

Nun kehren wir im Geistesfluge wieder zu den Kerguelen-inseln zurück. Wo kommen wohl die tierischen Bewohner dieser einsamen Inseln ursprünglich her? Da sind zwei Hauptmöglichkeiten gegeben. Entweder waren in längst vergangenen Zeiten der Erdgeschichte diese Inseln mit einem naheliegenden Kontinent verbunden, bis das hereinbrechende

Meer die Landbrücke zerstörte. Dann sind die vorhandenen Lebewesen die einsamen Reste aus jener Zeit, die von ihren Brüdern auf dem nächsten Festland abgeschnitten wurden. In der Tat gibt es genügend Fälle, die so verlaufen sein müssen. Oder aber, die Inseln waren ursprünglich unbewohnt und wurden dann von Pflanzen und Tieren besiedelt, die vom Sturm oder mit Treibholz oder Grasbüscheln oder zwischen den Zehen und dem Gefieder von Zugvögeln dahin verschlagen wurden. Auch das ist möglich, wie ein riesenhafter Versuch beweist, den die Natur vor einigen Jahrzehnten ausführte. Westlich der sonnigen Insel Java ragte ein kleines Vulkaneiland Krakatau aus dem Meer auf. Es muß sich nun eine unterseeische Öffnung in den feuerspeienden Berg gebildet haben, durch den Wasser einströmte, jedenfalls plötzlich explodierte der Krakatau, wohl die furchtbarste Katastrophe ihrer Art in der Neuzeit. Die Asche wurde so hoch in die Luft geschleudert, daß sie sich da noch jahrelang herumtrieb und durch ihren Einfluß auf die Lichtstrahlen jedermann auf der ganzen Erde in Gestalt farbenglühender Sonnenuntergänge sichtbar wurde. Auf der eingestürzten Insel Krakatau war aber jegliches Leben erloschen. Heute, nach einigen Jahrzehnten, hat man bereits mehrere Hunderte von Pflanzen- und Tierarten dort festgestellt, die alle von Java und Sumatra herübergekommen sein mußten. Ich selbst kann mir auch sehr gut vorstellen, wie. Denn ich erinnere mich, einmal auf dem Stillen Ozean Tausende von Kilometern vom nächsten Land entfernt, mehrere Stunden lang zwischen Unmengen treibender Grasschollen aller möglichen Größen durchgefahren zu sein; jede von ihnen, die irgendwo in der Südsee oder an der Küste Chinas von einem Taifun losgerissen oder von einem reißenden Bergstrom ins Meer geschwemmt worden war, könnte ein paar widerstandsfähige Insekten oder Schnecken getragen haben. Wenn nun also jene Kergueleninseln auf solche Art bevölkert wurden, dann mögen Tausende von Malen geflügelte Insekten angekommen sein, ohne sich auf dem stürmischen Eiland halten zu können. Einmal mag aber auch eine jener zufällig aufgetretenen flügellosen Formen dabeigewesen sein,

und ihr scheinbarer Mangel erwies sich als ein Vorteil: hier waren sie besser angepaßt an die bestehenden Verhältnisse als ihre geflügelten Vettern, sie siedelten sich an und vermehrten sich.

Doch damit sei es genug hiervon. Noch ist der Tag nicht gekommen, alle Fragen dieser Art zu entscheiden. Manches wissen wir schon, und viel mehr wissen wir noch nicht. Sicher wird es noch manchen aufopfernden Gelehrtendaseins bedürfen, bis alle die Fragezeichen, die so leicht aufgerichtet werden können, ausgewischt sein werden.

Zwölfter Abschnitt.

Nun sind wir von unserer ergiebigen Forschungsreise ins weite Gebiet der Vererbung zurückgekehrt und setzen uns wieder geduldig ans Mikroskop, um von unserem Lehrmeister Ascaris den Rest seiner Geschichte zu hören.

1.

Die Geschichte eines Lebewesens beginnt ja — das können wir ruhig sagen, ohne damit die Frage beantworten zu wollen, wer zuerst da war, die Henne oder das Ei — mit dem befruchteten Ei und endet, wenn es selbst wieder den Zustand der Fortpflanzungsfähigkeit erreicht hat. Von dieser Geschichte ist uns ein Hauptteil noch unbekannt, die Entwicklung aus dem Ei. Wohl haben wir gelegentlich schon gehört, daß es im wesentlichen eine immer wiederkehrende Folge von Zellteilungen ist, die aus der Eizelle den vielzelligen Körper entstehen läßt. Aber wir fühlen doch das Bedürfnis, darüber etwas mehr zu erfahren, denn schließlich ist ja ein Lebewesen mit all seinen verschiedenartigen Teilen etwas mehr als nur ein ungeordneter Haufen von Zellen. So ist es denn gerade die Ordnung der auf die Befruchtung folgenden Zellteilungen, die uns bemerkenswert erscheinen muß.

Bei einem Spulwurm können wir diese Vorgänge, so im allgemeinen wenigstens, ziemlich mühelos mit anschauen, wenn auch die Erforschung aller wissenswerten Einzelheiten nur ausdauerndem Fleiß möglich ist (Abb. 149). Da sehen

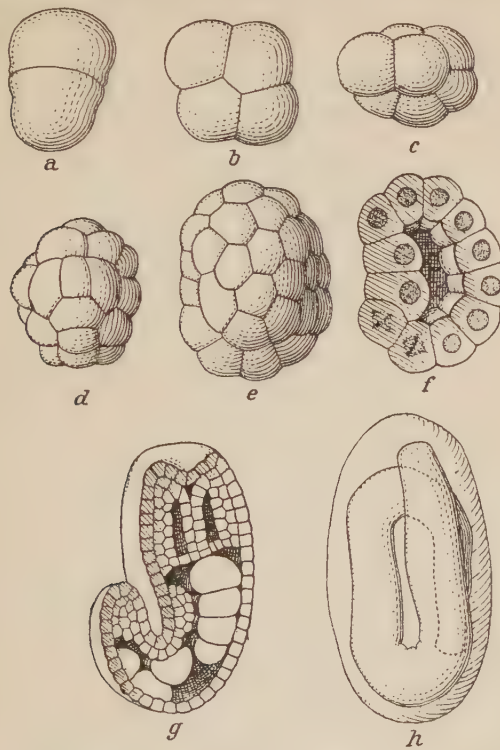


Abb. 149. Spulwurmentwicklung. *a—c* Eifurchung, *d—f* Bildung einer hohlen Blase; die beiden Zellen unten sind die späteren Geschlechtszellen, *g—h* Ausbildung des jungen Würmchens in der Eischale, *g* in der Mitte durchschnitten.

wir nun, daß die befruchtete Eizelle sich zunächst in zwei Tochterzellen teilt, die ihrerseits wieder das gleiche tun usw., bis wir nach einiger Zeit einen Haufen kleiner Zellen vor uns sehen, der von außen etwa wie eine Brombeere erscheint, wobei jede Zelle einer der kleinen Teilbeerchen verglichen würde. Nach einiger Zeit zeigt uns das Mikroskop, daß dieser

Zellhaufen längliche Gestalt annimmt, und daß Zellen erkennbar werden, die im Innern liegen und von den äußeren umkleidet werden. Während die Längsstreckung fortschreitet, wird es klar, daß im Innern ein Hohlraum aufgetreten ist, um den die inneren Zellen als Wand eines Rohres herumliegen. Das ist der Anfang eines Darmes. Die äußeren Zellen aber bilden eine gleichmäßige Schicht, die schon als Haut angesprochen werden kann und dazwischen liegen noch allerlei Gruppen von Zellen, in denen wir die Anfänge von Muskeln, Nerven, Geschlechtsorganen erblicken. Noch eine kurze Zeit und in der Eischale liegt ein winziges Würmchen, das bereits alle Teile des erwachsenen Tieres zeigt.

Das klingt nun alles recht einfach und ist es wohl auch, wenn man es nur so in den großen Zügen betrachtet. Sobald man aber dann in die feineren Einzelheiten eindringt, ergibt sich eine Fülle von Vorgängen und Fragestellungen, die es begreiflich erscheinen lassen, daß ihre genaue Erforschung bei den verschiedenen Formen des Tierreiches eine ganze Wissenschaft darstellt. Denn bei aller Gemeinsamkeit der großen Grundzüge sind begreiflicherweise die Einzelheiten recht verschieden bei einem Polypen, einem Wurm, einem Käfer, einer Schnecke, einem Hühnchen oder Menschen. Wir sind nun wohl schon bescheiden geworden und erwarten gar nicht mehr, von allem, was es gibt, unterrichtet zu werden. Wir wollen zufrieden sein, wenn wir einigermaßen verstehen, was so in den großen Zügen vor sich geht.

2.

Da fesselt uns zunächst der Vorgang, der die Eizelle zuerst in einen Zellhaufen zerlegt. Man gebraucht dafür die merkwürdige Bezeichnung Furchung, die, wie so viele, genau genommen, unrichtige Bezeichnungen auf die ungenügenden Kenntnisse vergangener Zeiten zurückzuführen sind, aber aus Pietät erhalten bleiben. Als man noch keine Ahnung von Zellen und Zellteilung hatte, beobachtete man, wie an der Oberfläche des sich entwickelnden Froscheies tiefe Furchen auftraten (Abb. 150, 151). Heute wissen wir, daß diese Furchen nur das Oberflächenbild der durchschneidenden Spalten dar-

stellen, durch die die einzelnen Zellen bei der Teilung der ursprünglichen Eizelle getrennt werden. Aber der Name Furchung ist doch geblieben, ähnlich wie alte Leute häufig

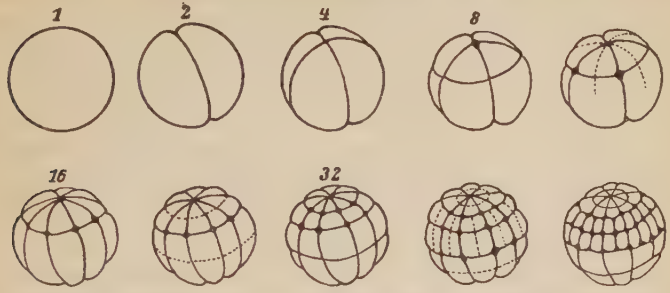


Abb. 150. Die Teilung (Furchung) eines Froscheies bis zu 64 Zellen.

noch die elektrische Straßenbahn Pferdebahn nennen. Diese Eifurchung stellt also den Anfang der Entwicklung eines jeden Tieres, welches es auch sein möge, dar.

Verfolgen wir sie nun auf das allergewissenhafteste, Zellteilung für Zellteilung, so bemerken wir mit Verwunderung, daß sie bei ein und derselben Tierart mit erstaunlicher Regelmäßigkeit vor sich geht. Jede Teilung findet nach ganz bestimmtem Plan und nach bestimmter Zeit statt und jede Zelle erhält ihre ganz bestimmte Lage. Hätten wir eine ganze Anzahl solcher gefurchten Eier, etwa eines Spulwurmes oder einer Schnecke vor uns, so könnten wir in jedem jede einzelne Zelle an Lage, Form, Aussehen als gleichwertig den entsprechenden in anderen gleichaltrigen Eiern ansprechen. In vielen Fällen vermöchten wir schon in den Anfangsbildern der Entwicklung ganz bestimmte Gruppen von Zellen zu

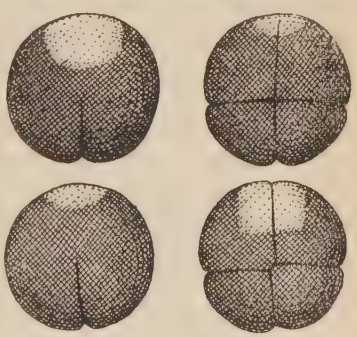


Abb. 151. Genauere Darstellung der ersten beiden Teilungen des Froscheies, von den beiden Polen betrachtet.

unterscheiden, die, wenn wir sie bei der weiteren Entwicklung genau im Auge behalten, später ganz bestimmte Teile liefern werden: Eine Gruppe nur Haut, eine andere nur Darmzellen, eine dritte nur Nervenzellen, eine vierte nur Geschlechtszellen. Das ist nun sehr merkwürdig und wir müssen versuchen, uns auszudenken, was es bedeutet. Jede dieser Zellen ist doch schließlich nichts anderes als ein Stück des ursprünglichen Zelleibs des Eies, der durch all die Teilungen in viele kleine Stücke, in Furchungszellen, zerlegt wurde. Wenn nun eine solche Gruppe von Zellen später stets ein ganz bestimmtes Organ liefert, etwa den Darm, so sollte man wohl glauben, daß der betreffende Zelleibbezirk des ungefurchten Eies, aus dem jene Gruppe von Zellen durch die Furchungsteilung herausgearbeitet wird, auch schon die entscheidenden Stoffe für die Bildung eines Darmes enthalten haben muß. Denken wir das aber weiter aus, so hieße es, daß im Zelleib des Eies bereits verschiedenartige Stoffe in bestimmter Regelmäßigkeit eingelagert sind, die es bedingen, daß aus einem bestimmten Bezirk nur ein bestimmtes Organ hervorgehen kann. Die unentwickelte Eizelle wäre also auch unsichtbar schon ein Abbild dessen, was sich später aus ihr entwickelt.

Dieser Gedanke erinnert in gewissem Maße an die naiven Vorstellungen der Naturforscher früherer Jahrhunderte. Unter ihnen waren viele fest überzeugt, daß in dem unentwickelten Ei bereits das vollständige verkleinerte Abbild des zukünftigen Wesens liege, und sie glaubten es mit ihren unvollkommenen Mikroskopen sogar zu sehen und malten es ab. Nun hatte dieses winzige, nach ihrer Meinung im Ei eingewickelte Tier natürlich auch die Eier für die folgende Generation in sich und in diesen mußte auch wieder das ganze zukünftige Tier eingewickelt liegen. So kam man denn ganz folgerichtig zum Schluß, daß im Ei der Stammutter Eva bereits die ganze zukünftige Menschheit eingeschachtelt lag. Darüber lachen wir nun. Aber vielleicht lachen unsere Ururenkel einmal ebenso über uns. Immerhin werden sie etwas weniger Grund dazu haben, denn wir begnügen uns wenigstens nicht, Schlüsse über das Vorhandensein irgendwelcher Stoffe im Ei zu ziehen, sondern wir versuchen auch, sie zu beweisen.

Wie ist dies aber möglich? Sehr einfach — im Reden nämlich, in der Ausführung ist es nicht ganz so leicht — man braucht nur bestimmte Teile des Eies zu entfernen und dann zu sehen, was sich aus einem solchen Ei entwickelt; oder man mag die Leibesmasse des Eies durcheinanderschütteln und durcheinanderrühren, so daß alle Teile aus ihrer natürlichen Lage gebracht werden. Oder man kann auch, nachdem die Furchung begonnen und das Ei sich in 2, 4, 8, 16 Zellen ge-

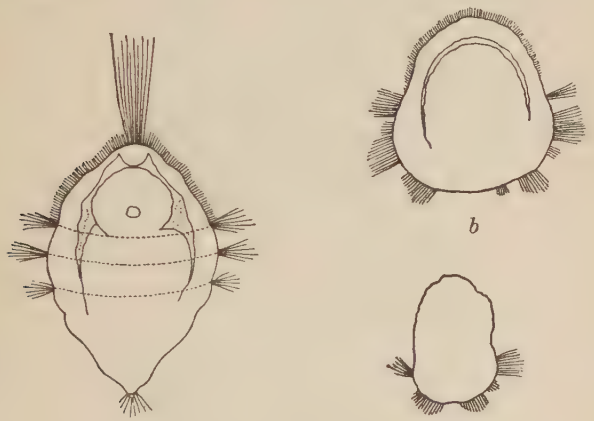


Abb. 152. *a* Normale Schwimmlarve einer Elefantenzahnschnecke. *b* Larve, die aus einem Teil des Eies sich entwickelte und der das ganze Hinterende fehlt. *c* Unvollkommene Larve, die sich aus einer einzelnen Zelle des Vierzellen-Stadiums entwickelt hat.

teilt hat, diese Einzelzellen voneinander lösen und sehen, was sich aus ihnen entwickelt. All diese Versuche sind geschickten Händen gelungen. Aber der Erfolg war nicht immer der gleiche. Merkwürdig genug, die Eier verschiedener Tiergruppen verhielten sich verschieden. Da war eine Gruppe, die wirklich das zeigte, was wir nach unseren vorhergehenden Andeutungen erwarten sollten. War ein bestimmter Teil der Eimasse entfernt worden, dann entwickelte sich ein Tierchen, dem der betreffende Körperteil fehlte. Wurden die ersten beiden Furchungszellen voneinander getrennt und dann einzeln aufgezogen, so ergab eine nur eine rechte, die andere nur

eine linke Tierhälfte (Abb. 152). Kein Zweifel, hier hatten im Ei bestimmte, der späteren Organbildung dienende Stoffe eine unwiderruflich festgelegte Anordnung. Verwandte man nun aber gewisse andere Tierformen für die gleichen Versuche, so war der Erfolg ein ganz verschiedener. Man konnte irgendwelche Teile aus dem Ei herausnehmen oder seine

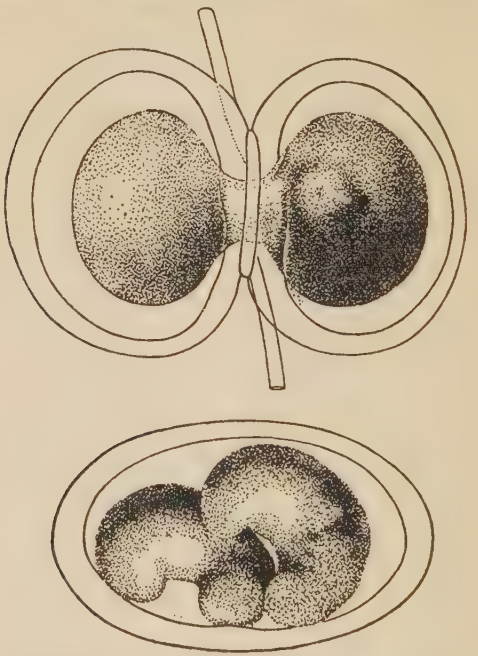


Abb. 153. Künstliche Durchschnürung eines Molcheies im Stadium von zwei Zellen. Darunter die daraus entstehenden beiden Embryonen.

Stoffe wild durcheinandermischen, trotzdem erhielt man ein ganzes Tier. Trennte man aber die Furchungszellen, so entwickelte sich aus jeder einzelnen ebenfalls ein ganzes Tierchen, nur von entsprechend geringerer Größe (Abb. 153). Das zeigt uns, daß es eben auch solche Eier gibt, in denen die Organstoffe noch nicht regelmäßig angeordnet sind und somit jedes Teilchen des Eizelleibs die gleichen Entwicklungsmöglichkeiten hat.

3.

Wenn ein Maler ein Gemälde beginnt, so stellt er die Leinwand in richtiger Beleuchtung vor sich auf, ordnet Palette und Pinsel in der Hand und verteilt die Farben auf der Palette. Als einen ähnlichen Vorgang könnte man vergleichsweise auch die Furchung des Eies auffassen, die Anordnung und richtige Verteilung des Handwerkszeuges, nämlich Zellen und organbildende Stoffe, bevor die eigentliche, das Bild aufbauende Arbeit beginnt. Der Maler trägt nun in sein Bild auch nicht gleich die feinsten Züge ein, sondern beginnt mit dem Einteilen seiner Leinwand, dem Einzeichnen der Umrisse und der Untermalung. So folgt auch in der Entwicklung auf die Furchung der Aufbau des Körpers zunächst nur in großen Umrissen. Das Zellmaterial ordnet sich zu den Anfangszuständen der wichtigsten Organe um. Auch in diesen Vorgängen gibt es alle möglichen Verschiedenheiten je nach der Tiergruppe, um die es sich handelt und die Vorgänge werden begreiflicherweise um so verwickelter, je höher die Tiergruppe in der Stufenleiter steht. Im großen ganzen ereignen sich doch aber immer wieder gewisse einfachste Vorgänge, da alle Organe in ihren Anfängen als zellige Häute, Röhren, Blasen, Stränge auftreten. So bilden sich die Anlagen von Darm und Haut im großen ganzen immer auf folgende Art:

Wenn die brombeerförmige Masse von Furchungszellen vollendet ist, scheidet sie in ihrem Innern eine Flüssigkeit aus, die den Zellhaufen schließlich zu einer Blase aufschwillt, deren Wand von einer Lage dicht nebeneinanderstehender Zellen gebildet ist. Nun fangen diese Zellen an einem Punkt der Oberfläche an, langsam in die Tiefe zu sinken, ohne dabei ihren Zusammenhang zu verlieren (Abb. 154). Wenn wir die Zellblase mit einem Gummiball verglichen, so erhielten wir ein Bild dessen, was sich jetzt abspielt, wenn wir mit dem Daumen den Ball an einer Stelle eindrücken. Geht dies weiter und weiter — beim Beispiel des Gummiballes müssen wir uns vorstellen, daß er aus so elastischem Stoff besteht, daß die eingedrückte Stelle sich dicht an den Daumen schmiegt — so haben wir schließlich eine Blase, in

die ein blinder Sack hineinhängt, der sich nach außen öffnet. Im Vergleich ist wieder die Blase der unberührt gebliebene Teil des Gummiballes, der hineinhängende Sack der Teil der Gummiwand, den wir hineindrückten und die Öffnung die Stelle, in der der Daumen steckt. Nun können wir sagen, daß die äußere Blasenwand, die Haut und das innere Rohr die

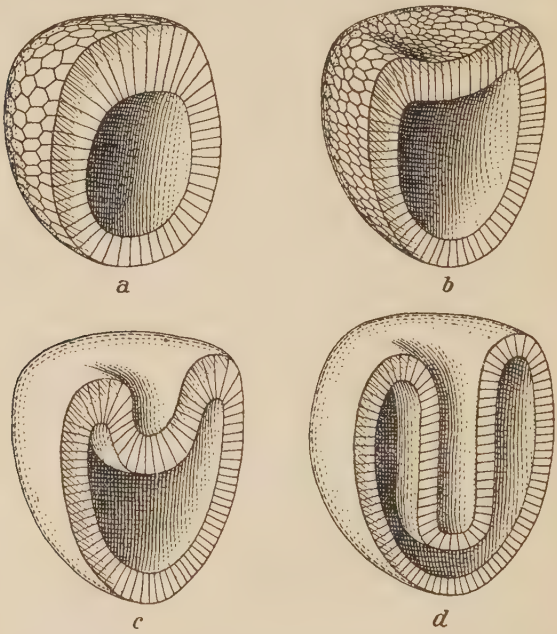


Abb. 154. Vier Stadien der Einstülpung des Urdarms aus dem Hohlblasenstadium in der Entwicklung vieler Tiere. Die einzelnen Stadien aufgeschnitten dargestellt.

Anlage des Darmes darstellen. Es fällt uns wohl nicht schwer, uns vorzustellen, daß auf ähnliche Weise, durch Einstülpung, wie man es nennt, irgendeine andere röhren- oder sackförmige Anlage eines Organs gebildet werden kann. Wenn wir etwa die Entstehung des inneren Ohres eines Wirbeltieres aus der Haut zu schildern hätten, so müßten wir mit der gleichen Darstellung der Einstülpung eines Sackes beginnen. Wächst dann die Öffnung eines solchen eingestülpten Sackes zu, so ist

er in eine Blase verwandelt. Schon früher hörten wir, daß dies der Vorgang bei der Bildung der Linse im Wirbeltierauge ist.

Neben solchen sackförmigen Einstülpungen sind auch rinnenförmige recht häufig. Stellen wir uns vor, daß sich

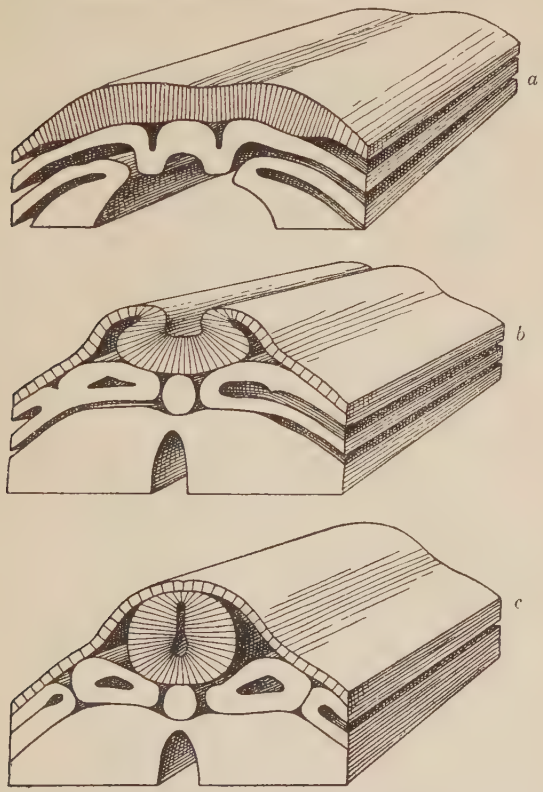


Abb. 155. Stück aus dem Rücken eines Wirbeltierembryos in drei Stadien der Entwicklung des Nervenrohres durch Einsenkung einer Rinne.

eine Zellhaut in einer ganzen Linie, nicht nur an einem Punkt, einstülpt, so erhalten wir eine Rinne (Abb. 155). Wachsen ihre Ränder wieder zusammen, so ist ein Rohr gebildet, das dann unter der Haut liegt. Dies ist etwa die Art wie Gehirn und Rückenmark der Wirbeltiere angelegt werden. In einem Rohr, einer Haut, einem Sack können ferner

die Zellen auseinanderrücken und so eine Öffnung bilden; oder um eine Öffnung herum können die Zellen zusammenrücken und das Loch verschließen. Nun, ich denke, mit ein bißchen Einbildungskraft kann man sich schon vorstellen, wie durch Einstülpung, Einfaltung, Zusammenwachsen, Auseinanderreißen von Zellhäuten und ähnliche Vorgänge sich aus dem Zellhaufen ein junger Keim oder Embryo bildet, bei dem eine Haut allerlei röhren- und sackförmige Organe umschließt. Das ist dann soweit die Ausführung der Umrißlinien und Untermalung des Bildes. So wie ein Maler tüchtig zu lernen hat, bis er diesen ersten Teil seiner Kunst beherrscht, so müßten auch wir sehr fleißig sein, wenn wir das, was hier nur wie im Fluge vorbeiglitt, in all seinen Einzelheiten und all seinem gesetzmäßigen Ineinandergreifen kennenlernen wollten.

Nun folgt schließlich die Vollendung des Bildes in all seinen Einzelheiten, in Farbe, Zeichnung, Licht und Schatten. In der Entwicklung ist das der Ausbau einfacher Organanlagen zu leistungsfähigen Organen, also etwa die Ausgestaltung eines Darmes mit all seinen Teilen oder eines Gehirns und Rückenmarks, beides aus einem einfachen, dünnwandigen Zellrohr. Da müssen sich die Zellen unendlich vermehren und in bestimmte Lagebeziehungen anordnen. Da müssen sich die vorher ziemlich gleichartigen Zellbausteine in all die verschiedenen Zellarten umwandeln, die uns schon bekannt sind. Die einen strecken sich und lagern im Innern zusammenziehbare Fasern ab, werden zu Muskelzellen, die anderen lassen Nervenfäden auswachsen, wieder andere speichern Farbstoffe oder beginnen bestimmte Ausscheidungen herzustellen, kurz, all die Feinheiten in Bau und Wirken des Körpers vollenden sich und beginnen zu arbeiten. Das alles kann sich in Stunden und Tagen, kann aber auch, wie unser eigenes Beispiel zeigt, sich erst im Lauf von Jahren vollenden. Jeder einzelne Schritt aber bietet dem Forscher Gelegenheit, neue Fragen zu stellen und zu beantworten.

4.

Gar manche dieser Fragen sind uns schon früher in ganz anderem Zusammenhang begegnet. So entsinnen wir uns wohl

noch der Dinge, die wir von dem Auswachsen einer Nervenzelle zum Nervenfaden hörten. Wir erinnern uns auch der interessanten Vorgänge bei der Entwicklung eines Auges, wie sich von der blasenförmigen Gehirnanlage ein Sack abschnürt, wie er sich zum doppelwandigen Netzhautbecher einstülpt und da, wo er die Haut berührt, eine Linse erzeugt. Dabei hatten wir eine Tatsache kennengelernt, die für das gesamte Verständnis der Entwicklung von größter Bedeutung ist: die, daß ein Teil, in diesem Fall der Augenbecher, in einem bestimmten Augenblick auf einen anderen Teil, hier die Haut, einen Reiz ausübt, der ihn zwingt, eine besondere Umbildung zu erfahren, hier zu einer Linse. Wir sahen, wie das durch Versuche bewiesen werden konnte, bei denen ein Stückchen Bauchhaut, wenn mit dem Augenbecher in Verbindung gebracht, auch eine Linse erzeugen konnte.

Vorgänge verwandter Art spielen eine große Rolle bei Entwicklungsvorgängen, die es mit sich bringen, daß ursprünglich getrennte Teile zum Aufbau eines Ganzen zusammenwirken müssen; und sie geben uns zu manchen wichtigen Erkenntnissen und Überlegungen Anlaß. So können wir etwa an einem derartigen Fall auf das schönste aufzeigen, wie gefährlich es ist, Vorgänge in der Natur gewaltsam einigen Verallgemeinerungen unterordnen zu wollen. Wohl ein jeder richtige Junge hat einmal aus einem Teich einen Froschlaich gefischt, ihn heimgenommen und beobachtet, wie sich aus den kleinen schwarzen Eiern die zappelnden Kaulquappen entwickeln. Wer genau zusah, bemerkte, daß den Kaulquappen zuerst die Hinterbeine herauswachsen, während von den Vorderbeinen lange nichts zu sehen ist. Das hat nun darin seinen Grund, daß letztere sich unter einer Kiemendeckel genannten Hautfalte entwickeln und zunächst dort verborgen liegen, bis später die Haut gesprengt wird und die Beinchen zutage treten. Bei dieser Sprengung bildet sich nun an der Stelle des Kiemendeckels, auf die sichtlich die darunterliegenden Beinchen einen Druck ausüben, ein Loch, durch das dann die Gliedmaßen heraustreten. Es erscheint geradezu als selbstverständlich, daß es der Druck der Gliedmaßen ist, der den Kiemendeckel veranlaßt, das Loch zu

bilden, also daß hier, wie bei der Linsenbildung, die Haut etwas auf Reiz hin ausführt. Nun kam jemand auf den Gedanken, einmal bei ganz jungen Kaulquappen die Anlagen der Vorderbeinchen herauszuoperieren und dann das Weitere zu verfolgen. Im rechten Augenblick aber bildete sich im Kiemendeckel das Loch, obwohl nun gar keine Beinchen da waren, die einen Druck hätten ausüben können. Dieser Fall und jener der Linsenbildung sind also so verschieden voneinander, wie jener kürzlich berichtete der Entwicklung einzelner Furchungszellen, die einmal halbe oder viertel Tiere, ein andermal ganze und nur verkleinerte Wesen ergaben. Doch lassen wir damit auch diese Frage auf sich beruhen — wir müssen ja leider an so vielen interessanten Dingen mit einem kurzen Seitenblick vorübergehen — und hören noch ein wenig von anderen wichtigen Fragen.

5.

Wenn wir uns die gewiß recht müßige Frage vorlegen, wer wohl im Zellenstaat die Hauptrolle spielt, so möchte wohl die Wahl schwanken zwischen den Nervenzellen und den Geschlechtszellen. Letztere sind es ja, auf denen der Zusammenhang des Lebewesens mit seinen Vorfahren beruht und damit sein ganzes Dasein, sie sind es, die die Fortdauer in Kindern und Enkeln gewährleisten. Wenn wir versuchen, uns das im einzelnen auszumalen, so können wir zu allerlei ganz merkwürdigen Vorstellungen kommen. Ein Einzelwesen entwickelt sich aus einer Eizelle — wenn wir der Einfachheit halber hier Samenzelle und Befruchtung aus dem Spiel lassen — in deren Zelleib und Kern all das in irgendeiner Form enthalten sein muß, was es von seinen Vorfahren ererbt und was sein Wesen bestimmt. Dies Tier pflanzt sich selbst wieder durch Eizellen fort, in denen all die gleichen Eigenschaften enthalten sein müssen. Durch die Geschlechtszellen sind also unsere Nachkommen Fleisch von unserem Fleisch und Bein von unserem Bein und so immer weiter in alle Zukunft. Die Geschlechtszellen, die zur Entwicklung gelangen, stellen also den wirklich unsterblichen Teil des Körpers dar.

Zunächst gilt dies nur so im allgemeinen, insofern jede

Zelle eines Körpers, also auch seine Geschlechtszellen in letzter Linie von den Teilungen der Eizelle herrühren. Aber dieser ununterbrochene Zusammenhang der Generationen durch die Geschlechtszellen hindurch geht noch weiter, wie die Untersuchung der Entwicklung dieser Zellen ergab. Auch hier hat sich unser Spulwurm als besonders geeigneter Forschungsgegenstand erwiesen, da man bei ihm jeden Schritt von Zelle zu Zelle genau verfolgen konnte. Da zeigte es sich, daß die Geschlechtszellen gleich vom ersten Anfang der Entwicklung an ausgesondert, als etwas Besonderes behandelt werden. Es liegt hier so — die Ascaris kommt sichtlich dem Forscher besonders freundschaftlich entgegen —, daß in den zukünftigen Geschlechtszellen die Chromosomen sich etwas anders verhalten als in den übrigen Körperzellen, so daß man sie leicht unterscheiden kann. Da sieht man nun, daß bei der ersten Teilung der Eizelle in zwei nur die eine den Geschlechtszellcharakter erhält, die andere nicht. Alle Zellen, die durch weitere Teilungen aus der letzteren hervorgehen, können nur Körperzellen werden. Die erstere aber vollführt noch mehrmals Teilungen, bei denen immer nur die eine Tochterzelle in der Linie der zukünftigen Geschlechtszellen liegt. Eine solche hört dann nach einer bestimmten Zahl von Teilungen auf, sich in zwei so verschiedenartige Zellen zu teilen: sie ist jetzt die Urgeschlechtszelle, aus deren weiteren Teilungen nur noch Geschlechtszellen hervorgehen. So geht also eine geradlinige ununterbrochene Bahn von der Eizelle durch die Entwicklung des Einzelwesens hindurch zu seinen Geschlechtszellen und so immer fort (Abb. 156). Die Geschlechtszellen bilden die ununterbrochene Kette, die sich von Geschlechtsfolge zu Geschlechtsfolge durch die Zeiten hindurchschlingt.

6.

Habt ihr schon einmal eine Fischzuchtanstalt besucht, in der Millionen von Forellen zum Aussetzen in die Bäche ausgebrütet werden? Da kann man in den flachen Wasserbecken alle Stufen vom Ei bis zum jungen Fischlein finden. Da bemerken wir unter anderem, daß die ganz jungen Fisch-

chen, die noch hilflos auf der Seite liegen, am Bauch einen großen gelben Sack tragen (Abb. 157). Das ist der Dottersack, sozusagen der Brotsack des jungen Wesens, das sich selbst noch keine Nahrung verschaffen kann. Dann bemerken wir wohl auch, daß gar sorgfältig dafür gesorgt ist, daß ständig ein Strom frischen Wassers durch die Becken

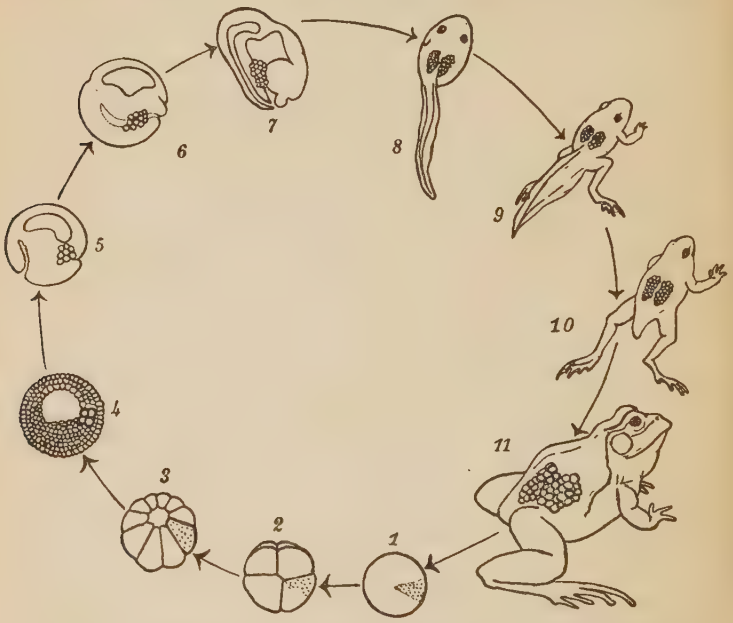


Abb. 156. Darstellung der Art, wie das Material der Geschlechtszellen vom Ei ab reserviert wird. *1* das Ei, punktiert das Geschlechtszellenmaterial, *2* und *3* die Eifurchung. *4* die hohle Kugel mit bereits kenntlichen Geschlechtszellen. *5—11* die weitere Entwicklung bis zum Frosch mit den eingezeichneten Geschlechtszellen.

fließt, meist so, daß er wie ein Wasserfall von dem einen in den anderen Behälter stürzt. Das hat nun — außer anderen Nebengründen — den Zweck, dauernd den Fischchen frische Luft, Sauerstoff zum Atmen zuzuführen. Da fällt uns nun das ein, was wir früher über Atmung und Ernährung hörten und wir begreifen ohne weiteres, daß ein sich entwickelndes Ei ebenso Nahrungsstoffe für seine Leistungen braucht wie

ein erwachsenes Tier und in gleicher Weise auch Sauerstoff zu ihrer Verbrennung. Der Erfüllung dieser Bedürfnisse dienen eine Fülle von Einrichtungen, die ebenso verschieden sind, wie all die zahllosen Einzelgruppen des Tierreichs.

Bei den meisten niederen Lebewesen und auch vielen höheren ist die Versorgung mit Sauerstoff eine recht einfache. Er wird von der Oberfläche des Eies und des sich entwickelnden Keimes aus der umgebenden Luft oder dem Wasser aufgenommen. Würde die Luftzufuhr abgeschnitten oder das Wasser seines Luftgehaltes beraubt, so müßte der Keim ersticken. Die jungen Forellen etwa wären in luftarmem, abgestandenem Wasser dem Tod geweiht, in einem luftdicht verpichten Hühnerei könnte sich kein Küken entwickeln. Bei

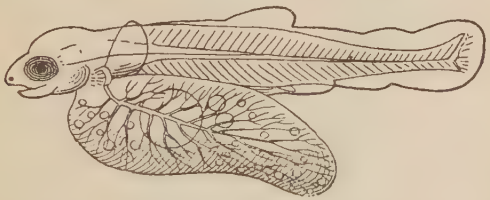


Abb. 157. Frisch geschlüpfte Forelle mit anhängendem Dottersack.

solchen Tieren aber, deren Junge ihre Entwicklung im Mutterleib durchmachen, muß für besondere Luftzufuhr gesorgt werden. Diese Rolle übernimmt dann, wie wir uns denken können, das mütterliche Blut, das in einem dichten Gefäßnetz den Keim umspinnt und seinen Sauerstoff in die Bluträume des heranwachsenden Wesens übertreten läßt (Abb. 158). Wie aber bei unserem Liebling, der Ascaris? Erinnert ihr euch noch an deren Atembesonderheiten in ihrem sauerstofffreien Gefängnis? Nun, das ist mit den Eiern genau das gleiche. Wir können sie in eine luftfreie Giftlösung legen, die durch die dichte Eischale nicht einzudringen vermag, trotzdem entwickelt sich im Innern das Würmchen. Es hat eben, genau wie seine Mutter, die Fähigkeit, durch Vergärung der tierischen Stärke die Atmung zu ersetzen.

Wie steht es nun mit der Nahrung, die im Verein mit dem Sauerstoff zum Aufbau des heranwachsenden Körpers dienen

soll? Da sind nun wieder in der Natur sehr viele Wege eingeschlagen. Einen zeigte uns bereits die Forelle mit ihrem Dottersack. Ihre Mutter gab ihr vorsorglicherweise genügend Nahrung mit auf den Weg, um davon zu zehren, bis das Fischchen sich selbst kleine Krebschen fangen kann. Bevor die ursprünglich winzig kleine Eizelle befruchtungsfähig wird, füllt sich ihr Zelleib mit kräftigen Nährstoffen, Dotter genannt, an, so daß schließlich vor lauter Dotter kaum mehr

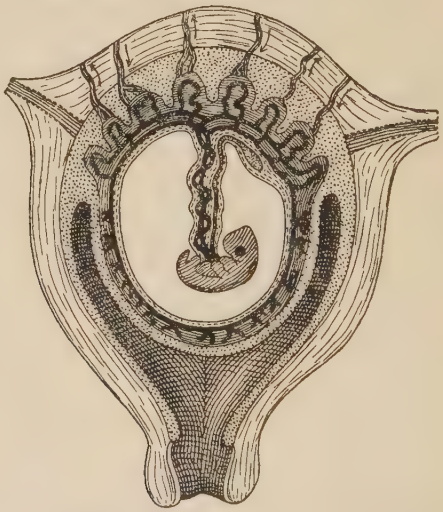


Abb. 158. Darstellung der Ernährung der menschlichen Frucht in der Gebärmutter durch die Blutgefäße von deren Wand aus.

der Hauptteil des Eies sichtbar wird. So kommen, wie wir schon früher hörten, die großen Fisch- und Froscheier, die Hühner- und Straußeneier und die noch vielmals größeren Eier riesiger Haifische zustande. Der sich entwickelnde Keim schwimmt aber oben auf seiner Nahrungsdottermasse, die er allmählich verbraucht (Abb. 159). In vielen anderen Fällen aber wird dem Ei nur ein winziges bißchen Dotter mitgegeben und trotzdem aber wird es sich selbst überlassen. Dann muß der Keim schon auf einer sehr jungen Stufe ausschlüpfen und sich, im Wasser umherschwimmend, selbst ernähren, während er noch seine Entwicklung durchmacht. Ein

Seeigelei schlüpft etwa auf dem Zustand einer mikroskopischen Hohlkugel aus und muß alle die Nahrungskosten der Entwicklung erst selbst verdienen, bis es zum faustgroßen Seeigel herangewachsen ist. Das bringt es mit sich, daß der Entwicklungsweg nicht ein ganz direkter sein kann, sondern daß mit dem Fortschritt der Entwicklung Hand in Hand das junge Wesen zum weiteren Lebenserwerb befähigt sein muß. So nimmt es allerlei Gestalten an und baut allerlei Organe auf, die es nur hierzu benötigt, die mit seiner eigentlichen Entwicklung gar nichts zu tun haben und die später, wenn sie nicht mehr benötigt sind, wie alte Kleider weggeworfen werden. Solche Zustände nennt man dann Larven und viele Tiere durchlaufen eine ganze Reihe absonderlich aussehender Larvenzustände, die wir erst begreifen, wenn wir sie so betrachten, wie eben ausgeführt. Wenig geläufig dürften dem Leser all diese Larvenzustände eines Seeigels oder des nahe verwandten Schlangensterns sein (Abb. 160); aber schließlich sind die Schmetterlingsraupen, beginnend mit dem winzigen, aus dem Ei schlüpfenden Räupchen bis zur Puppe hinauf auch nicht anders zu verstehen. Wir können vielleicht zum Vergleich einen Menschen heranziehen, der nicht die Mittel besitzt, einen gelehrten Beruf zu ergreifen, und sich durch die Stufen eines Zeitungsjungen, Lehrlings, Arbeiters, Handwerkers und so fort durcharbeiten muß, bis er genug zum erstrebten Beruf beisammen hat.

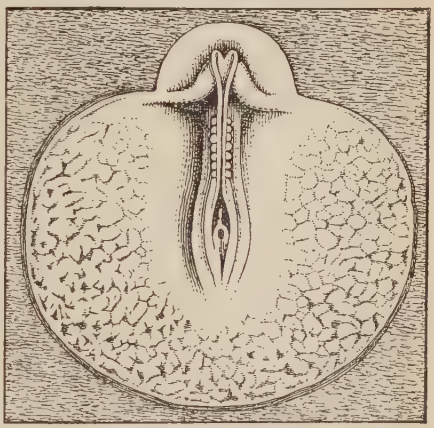


Abb. 159. Die auf dem Dotter schwimmende Keimscheibe eines Vogels. In der Mitte die Anlage des Tieres mit der noch offenen Rinne des Nervensystems, darum schildförmig der mit Blutgefäßen durchsetzte Hof, von dem aus der Dotter aufgesaugt wird.

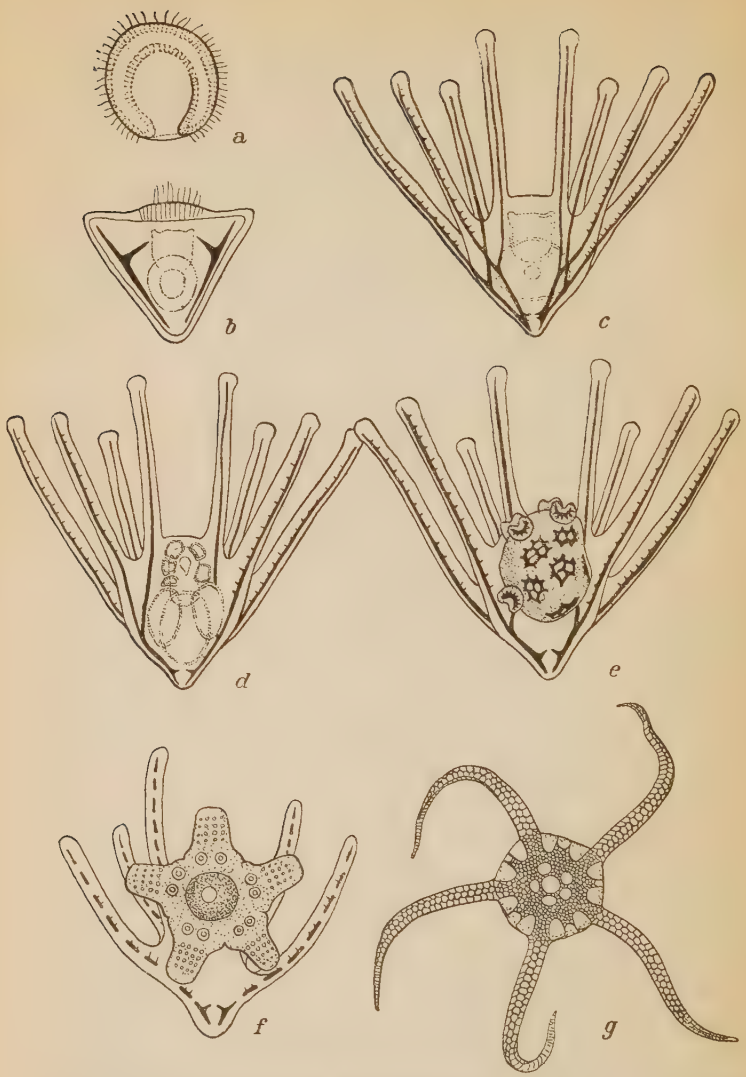


Abb. 160. Entwicklung eines Schlangensternes (*g*) von der Urdarmlarve *a* zu der verwickelten Schwimmlarve *d* und durch eine Metamorphose, bei der große Teile (alles Nichtpunktierte) abgeworfen werden *e*, *f*.

Anders ist es bei lebend gebärenden Tieren. Da bezieht der Keim mit Hilfe verwickelter Einrichtungen all seine Nahrung aus dem Blut der Mutter. So braucht seine Entwicklung keine Umwege einzuschlagen, die die Notwendigkeit des Nahrungserwerbs erforderte, sondern geht geradeswges aufs Ziel zu, um so schneller, je besser die Ernährungseinrichtungen sind, je länger die Mutter für die Nahrung sorgen kann. Bei den höchstentwickelten Tieren, den Säugetieren, geht ja bekanntlich die Sorge, die Milchernährung, auch noch nach der Geburt weiter und ermöglicht so die ungestörte Vollendung der Entwicklung.

7.

Ein Schmarotzer, Ascaris, hat uns bisher den Weg durch alle Wunder der belebten Welt gewiesen. So wollen wir eine Pflicht der Dankbarkeit erfüllen, und die Schilderung der Lebensschicksale des heranwachsenden Lebewesens und damit unsere ganzen Betrachtungen beschließen, indem wir einige Schmarotzer und schließlich den Spulwurm selbst noch ihre Geschichte erzählen lassen. Einige, wie der Grubenwurm, haben uns schon früher allerlei erzählt. Jetzt wollen wir nur noch ein paar mit anhören, die besonders romantische Lebensschicksale haben.

Da lebt im Darm von allerlei Singvögeln ein kleiner Saugwurm, der sich, wie die meisten seines Geschlechts, vom Blutsaugen nährt. Wie alle Schmarotzer, erzeugt er eine ungeheure Menge von Eiern, die mit dem Kot des Vogels nach außen gelangen. Kommen sie an einen feuchten Platz, so springt die Eischale auf und ein winziges Lärvchen schlüpft aus, das mit feinen Wimperhärchen schlagend im Wasser umherschwimmt. So schwimmt es, bis ihm eine kleine Schnecke mit durchsichtig gelbem Gehäuse begegnet, die an feuchten Plätzen lebt, die Bernsteinschnecke (Abb. 161). In ihre Haut bohrt sich die Larve ein und bohrt sich durch bis zur Leibeshöhle. Da verbleibt sie, nährt sich von den Säften der Schnecke und wächst dabei zu einem merkwürdigen, schlauchförmigen Gebilde heran, das nach allen Seiten Fortsätze

treibt wie Spinnenfüße. Einer der Fortsätze wächst nun in das Fühlhorn der Schnecke hinein. Hier schwillt er tüchtig an, so daß der ganze Fühler zu einem wurst- oder wurmförmigen Gebilde aufgetrieben wird und von der Schnecke nicht mehr eingezogen werden kann. Gleichzeitig haben sich aber im Innern des Schlauches kleine Gruppen von Zellen von der Schlauchwand losgelöst und bilden sich langsam zu kleinen Saugwürmern um, die nun in das im Fühler steckende Schlauchende hineingedrängt werden. Nun fängt dies gar

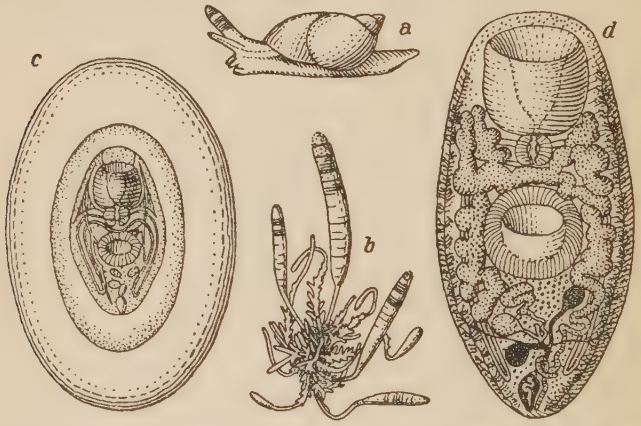


Abb. 161. Der Saugwurm Distomum makrostomum. *d* der Wurm, *b* das verästelte Schlauchstadium in der Schnecke, *a* die Schnecke mit dem geschwollenen Fühler, *c* das eingekapselte Würmchen.

noch an, sich mit dunkeln Ringeln zu färben und zuckende Bewegungen auszuführen, so daß jetzt der Fühler wie ein kleiner sich ringelnder Wurm aussieht. Ein Fink, der ihn erblickt, pickt ihn gierig ab und steckt sich damit von neuem mit den Saugwürmern an.

Das scheint ein recht verwickelter Entwicklungsgang zu sein und doch ist er noch recht einfach, verglichen mit den Schicksalen eines Vetters, des Leberegels, der in den Lebergängen von Schafen, Rindern und gelegentlich sogar Menschen lebt. Auch er legt Millionen von Eiern, die mit der Galle in den Darm und von da mit dem Kot nach außen ge-

langen. Auch aus ihnen schlüpft im Feuchten eine kleine Larve aus, die im Wasser umherschwimmt und sich schließlich auch in eine kleine Schnecke anderer Art einbohrt. In deren Leib wächst das Lärvchen dann wieder zu einem Schlauch heran. Der aber erzeugt nun aus Zellgruppen seines Innern Mengen etwas andersartiger Schläuche, die frei werden und den Leib der Schnecke erfüllen. Diese ihrerseits erzeugen wieder auf ähnliche Weise kleine Lebewesen, die dem Saugwurm gleichen, aber ein Ruderschwänzchen wie eine Kaulquappe besitzen. Sie bohren sich nun wiederum ins Freie und schwimmen im Wasser umher. Wenn sie davon genug haben, werfen sie den Ruderschwanz ab, setzen sich an einem Grashalm fest und scheiden eine dichte Kapsel um sich ab. Weidet ein Schaf auf solcher Weide, so verschluckt es die Kapsel und der junge Leberegel kommt in seinem Darm zum Vorschein. Jetzt erst ist die Entwicklung des Wurmes abgeschlossen.

Ganz so wilde Lebensschicksale gibt es nun in der Gruppe der Rundwürmer, zu denen unser Spulwurm gehört, nicht. Immerhin muß auch da mancher allerlei erleben, bis er erwachsen ist. Da ist der böse Grubenwurm, der als Blutsauger im Darm des Menschen lebt und manches Unheil, besonders in Bergbaugegenden, anrichtet. Gelangen seine Eier auf dem üblichen Weg ins Freie, so schlüpft wieder in feuchter Erde ein Lärvchen aus, das sich so lange dort herumtummelt, bis ein unvorsichtiger Arbeiter barfuß kommt. Da bohrt es sich in die Haut ein und gelangt in den Blutstrom, der es durch den ganzen Körper fortführt, bis schließlich zur Lunge. Durch deren Wand bohrt es sich wieder und liegt jetzt auf der Lungenschleimhaut. Von hier wandert es die Luftröhre hinauf, wird mit dem Schleim in die Höhe gehustet, verschluckt, und gelangt so endlich an seinen richtigen Aufenthaltsort, den Darm, in dem es zum reifen Grubenwurm heranwächst.

Noch absonderlicher aber verhält sich unsere Ascaris. Ihre Eier gelangen auch mit dem Kot in die Erde und im Innern der Eischale entwickelt sich ein kleines Würmchen. Aus der Erde gelangen sie dann durch schmutzige Kinderhände,

Schweinerüssel, Pferdemäuler in den Mund und den Darm, wo ein kleines Würmchen aus dem Ei schlüpft. Nun sollte man meinen, daß es hier im Lande bleibt und sich redlich nährt. Aber nein! Zunächst geht es auf die Wanderschaft, bohrt sich durch die Darmwand und gelangt in die Leber, wandert nach kurzem Verweilen weiter und bohrt sich zur Lunge durch, kommt von hier in Luftröhre und Schlund und wird schließlich wieder heruntergeschluckt. Erst jetzt ist das Würmchen wandermüde, bleibt im Darm und wächst zum Schmarotzer heran, der uns so treu durch dieses Buch geleitete.

Damit sind wir nun am Ende unserer Ausführungen angelangt. Unbeengt von Raum und Zeit ließen wir unsere Blicke über Länder und Meere streifen, blickten in die schwarze Nacht der Tiefsee, in die dunklen Höhlen des Gebirges, in die Wunderwelt des Wassertropfens und die noch wunderbarere der lebendigen Substanz. Wir versuchten einen, wenn auch nur bescheidenen, Begriff vom Ablauf der Lebensvorgänge zu erhalten, einen Blick in das Laboratorium des lebendigen Körpers zu tun und die Lebewesen aus ihrem eigenen Innern heraus wie aus dem Verhältnis zur Umwelt zu begreifen. Bei aller Fülle von Tatsachen, die wir eng gedrängt und einander überstürzend kennenlernten, konnten wir aber nur das allereinfachste, auf der geraden Linie Liegende uns vorführen. Denn hinter jeder Seite dieses Buches steckt noch eine ganze Welt von Wissen, von Tatsachen, von gelösten und ungelösten Problemen, steckt die Arbeit Tausender und Abertausender von Geistesarbeitern, die mühsam, Stein für Stein, den imposanten Bau der Lebenswissenschaft errichten. Ist es möglich, daß ein denkender Mensch einmal hineingeblickt hat, ohne daß sich in ihm der Wunsch regt, weiteren Anteil an all der stolzen Erkenntnis zu haben? Wohl kaum. Wohlan denn! Rührt euch, von den hundertfachen Gelegenheiten zu weiterer Belehrung Gebrauch zu machen, zur Vervollkommnung eures eigenen Geistes und um eurer Pflicht zu genügen an der, ach so nötigen, Vervollkommnung des Menschengeschlechtes mitzuarbeiten.

Sachverzeichnis.

Aal, Überleben der Muskeln 96.
Agame, Lunge 64.
Ameise, Ackerbau und Viehzucht 195.
— Blattlaus melkend 196.
— Ernährung 193.
— Gehirn 165.
— Honigtöpfe 195.
Ameisenbär 6, 7.
Ameisenlöwe, Sandtrichter 177.
Amöbe 162.
— Nahrungsaufnahme 172.
— Teilung und Fortpflanzung 259.
— Zerschneidung 262.
Amphibien, Hörfähigkeit 133.
Anpassung an Dunkelheit 13—16.
— der Körperfarbe 12, 39, 40, 44 bis 48, 158, 159.
— an verschiedene Lebensverhältnisse 4, 5, 10, 11, 30, 31, 37, 38.
Ascaris 1, 2, 230.
— Atmung 68—70.
— Befruchtung 270—272.
— Darm 169—171.
— Fortbewegung 88.
— Geschlechtsverhältnisse 232 bis 235.
— Muskulatur 83, 84, 88.
— Nahrungsaufnahme und Verdauung 170.
— Nervensystem 108—110, 153, 154.
— Niere 222.
— Schutz vor dem Verdautwerden 9.
— Speiseröhre 170, 171.
— Zellteilung 314.
Atmung der Insekten 67.
— der Wirbeltiere 67.
Atmungsorgane 63—67.
Augenarten 127—129.
Augenhintergrund, Fensterbildchen im — 123.
Augenlinse, Entwicklung und Verpflanzung 58, 325.
Augenlinsen, Formen von 124—127.

Bandwurm 172.
Bauchspeicheldrüse 209, 210.
Befruchtung 239—242, 263.
Begattungsapparate 243.
Bienen, Farbensehen 119—121.
— Mundteile 186.
Blattläuse, Geschlechtsverhältnisse 281—284.
Blut 78, 79.
— Überempfindlichkeit 81.
Blutegel 9, 10.
— Bauchseite mit angehefteter Samenkapsel 243.
— Geschlechtsorgane 254.
Bluterfamilie, Stammbaum 286.
Blutgefäßnetz 67, 215.
Bonellia 247.
Brückenechse, Lunge 64.

Chamäleon 43, 44.
— Zunge 189, 190.
Chitin 75.
Chromatin 267.
Chromosomen 267—269, 277.
— als Eigenschaftsbestimmer 312.
— und Geschlechtsbestimmung 278.
Chromosomen und Mendelspaltung 296—299.
— Reifeteilung 275.
— als Träger der Erbeigenschaften 277, 284—289.

Darm, Aufgabe 208.
Darm- und Hautanlagenentwicklung 320—322.
Darmkanal der Schnecke 210.

Darmlose Tiere 171—174.
Darmzotten 216—218.
Darwin, Ch. 19.
Dotter 237.
Dottersack der Forelle 330.
Drüsen 198—200.
Drüsenausscheidungsversuch 212.

Eidechse, Muskelfasern 97.
Eientwicklung ohne Befruchtung 258.
Eifurchung 316—320.
Eintagsfliege 174.
Eizelle 236, 237.
Elefantenzahnschnecke 319.
Ente 251, 252.
Enten, Drüsenausscheidung 198.
Enzym 8, 10, 310.
Ernährung der menschlichen Frucht in der Gebärmutter 329, 330.
Eule, Gewöll 231.

Farbe der Pfaue, Schmetterlinge 49.
Farbwechsel 41, 43—45.
Fisch, Ernährung 327, 328.
— Farbanpassung 118.
— Hörfähigkeit 133.
Fischechse 32, 33.
Fistel 212.
Fledermaus, Ohrmuscheln 139.
Fliege, Flügel 311—313.
Fliegenfalle 176.
Flohkrebs, Zentralnervensystem 166.
Forelle mit Dottersack 329.
Fortpflanzung, ungeschlechtliche 259, 260.
Fortpflanzung der Zwitter 253—256.
Freßzellen, ihre Aufgabe 223.
Frosch, Gehirn 168.
— Trommelfell 139, 140.
— Zunge 190.
Froschei, Entwicklung 317.

Galle 211.
Gecko 135.
Gehirn 165.
— eines Menschen 103, 104.
— verschiedener Wirbeltiere 168.
Gehörorgan 132, 141—146.
Geruchsorgan, Fähigkeiten 114, 115.
Geschlechter, Beziehung der G. zueinander 244—248.
Geschlechtsdrüse 248, 249.
— Versuche mit 250, 252, 253.
Geschlechtsorgane 234—236.
Geschlechtszellen 235, 326—328.
Giftempfindlichkeit 77.
Gleichgewichtsorgan 147—152.
Gleichgewichtssteine beim Fisch 151.
Gliederwurm, Nervensystem 165.
— Nierenkanäle 225.
Gliedmaßenneubildung 53, 54, 159.
Grille, Mundteile 186.
Grottenolm 17.

Haifisch, Gehirn 168.
— Kopfskelett 142.
— Spritzloch 142.
Hand, Muskeln der menschlichen — 95.
Hautatmung 60—62.
— Hornstoff 71.
— verschiedener Lebewesen 71—74.
— Leder- und Panzerhaut 76.
— Querdurchschnitt 40—43.
— Schwarzstoff 40.
— Widerstand 50, 51, 71.
Hefegärung 9, 70.
Heuschrecke 54.
Hühnerei 85, 237.
Hund, Gehirn 168.

Immunität 78.
Impfung 79.
Insekt, Augen 128—130.
— Eizelle 276.
— Ernährungseinrichtungen 193.
— Mundwerkzeuge 186.
— Nahrungsaufnahme 183—185.
— Nervensystem 166.
— Stich 184, 185.

Jungfernzeugung 256.

Käfer, Drüsenausscheidung 198.
Kaninchen, Gehirn 168.
Kannenpflanze 174—176.
Kaulquappe, Wachstumsstadien 59.
Keime, Ernährung 330, 331.
Kernteilung 267.
Kernverschmelzung 264.
Kiefenfuß, Vermehrung 226.
Kiemenbogen 65.
Kiemenfilter eines Felchen 189.
Knochenbälkchen im Oberschenkel des Menschen 36.

Knochenfisch 143.
Korallenpolyp, Magendarmraum 213.
Korallentierchen 163.
Kormoran 4—6.
— Auge 127.
Körperform, Bedeutung der 19, 20.
Körpergröße 27, 28.
Krabbe 173.
— auf Algen sitzend 47.
Krake, Nahrungsaufnahme 86, 87.
Krebs, Darmkanal 210.
— Gleichgewichtsorgan 148—150.
— Kaumagen 204.
— Nervensystem 165, 166.
— Reflexe 156.
Krebsfuß, Muskeln 89.
Kretins 249.
Kröte, Extremitätenbildung 55.

Lab 8.
Labyrinth 151.
Lachs, Gehirn 168.
Larven 331.
Leber 209.
Leberegel, Entwicklung 334.
— Nierenkanäle 223.
Leuchtkäferchen, das Japanische 13.
Leuchtquallen 13.
Luftröhrensystem eines Insektes 67.
Luftversorgung von Eiern niederer Lebewesen 329.
Lunge verschiedener Tiere 64, 66.
Lymphe 214.

Magen von Insekten 211.
— Verdauungsarbeit 208.
— vom Vogel 204.
Magenabsonderung 211.
Maulwurf 11, 12.
Maulwurfsgrille 11, 12.
Meduse mit Darmkanalsystem 214.
Meerschweinchen 250.
— Mendelspaltung 302.
Mendel, Gregor 290.
Mendelspaltung 292, 299—303.
Mensch, Darmkanal 210.
— Eizelle 236.
Menschenaffen 5.
Mimose 162.
Molchei und entwickelte Embryonen 320.
— Samenkapseln 243.
Mücke, Mundteile 186.
Muskelbau 82—86.
Muskeln 87—97.

Nahrungsaufnahme 172, 173, 177 bis 183, 185—188.
Nahrungsaufspeicherung 191, 219 bis 221.
Nahrungsverteilung im Körper 212, 213.
Nervenfäden 104, 105.
Nervenfasern 101, 105—108.
Nervensystem 98, 162—164.
Nervenzelle, Auswachsen 324, 325.
Niere 222—226.
— Ausscheidung 226, 227.
— von Plattwürmern 224.

Ohr, Schalleitung 132, 135, 138 bis 141.
— Schnecke im Ohr eines Säugetiers 137, 138.
Organbildung 322—324.
Organe, Schmeck- und Tastorgane 109, 110.

Pepsin 208, 209.
Pepton 208.
Pflanzen, fleischfressende 175—177.
Pfropfungen 59.
Polyp, Niere 222.
Polypen 24—26.
Protoplasma 85—87.

Qualle 163, 164.
— Darmkanalsystem 215.

Rädertier, darmloses Zwergmännchen 175.
Rankenfußkrebs mit Zwergersatzmännchen 246.
Raupen, Drüsenausscheidung 198.
Reblaus, Fortpflanzung 257, 258.
Reflexbewegung 153—156, 159, 160.
Regenwurm, Nahrungsaufnahme und Verdauung 188, 189.
— Nervenzellen 101—103.
Reifeteilung 273—275.
Reizwirkung auf die Haut 325, 326.
Reptil, Gehirn 168.
— Hörfähigkeit 134, 135.
— Kopfskelett 145.
Riesenschlange 191.

Sacculinalarve 173.
Salzsäure im Magen 208, 209.
Samenzelle 237—240.
Säugetier, Kopfskelett 145.
Schaf, Magen 206.
Schilddrüse 249.
Schildkröte, Gehirn und Rückenmark 167.
Schildlaus, Embryo mit Pilzorganen 207.
Schistosomum, Männchen und Weibchen 247.
Schlangenstern, Entwicklung 332.
Schmarotzer, Darmentleerung 231.
Schmetterlinge, Begattungsapparat 245.
— mit Duftpinsel 246.
— mit verkümmerten Flügeln 311.
Schnecke 255.
— Eizelle 236.
— Geschlechtsapparat 254.
— Mundraspel 193, 205.
Schutzreflex 157—160.
Schwammspinner, Geschlechtsunterschied 252, 253.
Seeanemonen 163.
Seeigelei, Besamung 239, 240.
— Entwicklung 330, 331.
Seelöwe 32, 33.
Seestern, Eizelle 236.
— Greifzangen 182, 183.
— Nahrungsaufnahme 181—183.
Sehorgane, Farb- und Lichtempfindlichkeit 116—121.
Sepia des Tintenfisches 198.
Serumbehandlung 79.
Sinnesorgane 109, 112—117, 132.
Sonnentau 176.
Specht, Zungenbein 190.
Speicheldrüsen 200, 209.
Spinne, Lunge 63, 64.
— Nahrungsaufnahme 177.
Stabheuschrecke 46.
— Fortpflanzung 256.
Stärke, tierische und pflanzliche 70.
Stickstoff 226, 227, 229.
Stoffverteilung im Zelleib des Eies 318.
Stoffwechsel 216—218.
Strudelwürmer mit überzähligen Köpfen 56.
Süßwasserpolyp 23—25.
— Fortpflanzung 260, 261.
— Nahrungsaufnahme 179.

Taube, Gehirn 168.
— Kopf 152.
Termiten 194—197.
Tiefseefisch 15.
— Augen 128.
Tiefseetintenfisch, Leuchtorgane 15.
— Teleskopaugen 18.
Tintenfisch, Augen 123, 125, 126, 127.
— Befruchtung 243, 244.
— Drüsenausscheidung 198.
— Gehirn 165.
Trompetentierchen 162, 163.
Trypsin 8.

Varan, Lunge 64.
Verdauung 7—9, 189—193, 200—204.
— des Fettes 209.
— des Holzstoffes 208.
Vererbung erworbener Eigenschaften 27—30.
Vererbungsstoffe 265.
Verjüngungsvorgang 261.
Vogel, Bein 88.
— Harnausscheidung 227, 228.
— Keimscheibe 331.
— Lunge 67, 68.
— Magen 192.

Wadenmuskel eines Negers und eines Weißen 33—36.
Wal, Nahrungsaufnahme 187, 188.
Walfisch 33.
Wanze, Mundteile 186.
Wiederkäuer 204—208.
Winterschlaf 220, 221.
Woehler 227.
Wunderblume 292, 293.
Wurm, Grubenwurm 335.
— Saugwurm 333, 334.

Zellen, Freßzellen 51, 52.
Zellenrohr 324.
Zellstoff, Verdaulichkeit 205.
Zellteilung 266—270, 280.
Zuchtwahl 308—312.
Zwergwuchs 29.
Zwitter 253, 255.

Verständliche Wissenschaft

Wie der Titel „Verständliche Wissenschaft" besagt, soll die Sammlung, deren erste Bändchen jetzt vorliegen, die neuesten Ergebnisse der Wissenschaft in wirklich verständlicher Form vorführen, so daß ein jeder Laie die Darstellung verstehen und außerdem mit Genuß lesen kann. Die einzelnen Bändchen sind nur von hervorragenden Kennern des betreffenden Faches verfaßt, die unbedingte Beherrschung des Gegenstandes mit der Fähigkeit klarer und interessanter Darstellung vereinigen. Gerade diese Kombination soll der neuen Sammlung ihren besonderen Stempel aufprägen.

Erster Band:

Aus dem Leben der Bienen

Von

Dr. K. v. Frisch

Professor der Zoologie und Direktor des Zoologischen Instituts an der Universität München

1. bis 5. Tausend

Mit 91 Abbildungen. VIII, 149 Seiten. 1927. Gebunden RM 4.20

Inhaltsübersicht: Das Bienenvolk. — Die Bienenwohnung. — Die Ernährung des Bienenvolkes; Was der Honig ist, und wie ihn die Bienen sammeln. Der Blütenstaub und die „Höschen" der Bienen. Was die Blumen gewinnen, wenn sie von den Bienen geplündert werden. — Die Bienenbrut. — Der Bienenschwarm. — Die Drohnenschlacht. — Die Arbeitsteilung im Bienenstaate: Der erste Lebensabschnitt. Der zweite Lebensabschnitt. Der dritte Lebensabschnitt. — Die Augen der Bienen. Farbensehen. Bienenauge und Blumenfarben. Vom Bau der Augen und von der Sehschärfe der Bienen. — Der Geruchsinn der Bienen: Duftdressuren. Wo haben die Bienen ihre Nase? — Vom Riechen und Schmecken. — Wie die Bienen miteinander reden: Ein Rundtanz als Verständigungsmittel. Warum nicht alle sammelnden Bienen tanzen. Warum tanzende Bienen, die von Blumen kommen, ihre Kameraden nicht an die Zuckerschälchen schicken. Ein Kontrollversuch mit unerwartetem Ausgang. Der „Schwänzeltanz" der Pollensammler. — Das Orientierungsvermögen. — Die geistigen Fähigkeiten der Bienen. — Andere Insektenstaaten: Der Ameisenstaat. Der Wespenstaat. Der Hummelstaat. — Von Einsiedlerbienen und von der Entstehung des Bienenstaates.

Zweiter Band:

Die Lehre von der Vererbung

Von

Professor Dr. Richard Goldschmidt

Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem

1. bis 5. Tausend

Mit 50 Abbildungen. VI, 217 Seiten. 1927. Gebunden RM 4.80

Inhaltsübersicht: Einleitung. — Erbliche und nichterbliche Eigenschaften. — Die Geschlechtszellen und die Befruchtung. — Die Grundtatsachen der Mendelschen Vererbungsgesetze. — Weiteres über die Mendelschen Vererbungsgesetze. — Chromosomen und Mendelspaltung. — Weiteres über Chromosomen und Vererbung. — Geschlechtschromosomen und geschlechtsgebundene Vererbung. — Das Zusammenarbeiten der Erbfaktoren. — Summieren der Erbfaktoren. — Die Entstehung neuer Erbeigenschaften. — Die Vererbungsgesetze und der Mensch.

Neu-Japan

Reisebilder aus Formosa · den Ryukyuinseln · Boninninseln · Korea und dem südmandschurischen Pachtgebiet

Von

Professor Dr. Richard Goldschmidt
Berlin-Dahlem

Mit 215 Abbildungen und sechs Karten. VII, 303 Seiten. 1927
Gebunden RM 18.—

Das Buch erzählt zwanglos von den als Neu-Japan zusammengefaßten Außenbesitzungen Japans. Während es eine außerordentliche Fülle von Reisebüchern über Japan gibt — allerdings häufig von flüchtigen Reisenden ohne Kenntnis der Sprache, Geschichte, Literatur und des Volks geschrieben und von Fehlern und schiefen Urteilen wimmelnd —, gibt es recht wenig über die interessanten Inseln und Halbinseln, die Japan in neuerer Zeit seinem Reich einverleibt hat. Im Verlauf eines zweimaligen mehrjährigen Studienaufenthalts hatte der Verfasser Gelegenheit, das ganze japanische Reich mit Ausnahme von Sachalin zu bereisen. Von diesen Reisen, soweit sie aus dem eigentlichen Japan herausführten, ist hier berichtet.

Altchinesische Bronzen

Von

Dr. E. A. Voretzsch

Mit 169 Abbildungen und einer Landkarte. XXIV, 335 Seiten. 1924
Gebunden RM 48.—; in Halbleder gebunden RM 88.—

Das Buch ist das grundlegende Werk über altchinesische Bronzen, d. h. Bronzen der Zeit von 2205 v. Chr. bis 960 n. Chr., der Blütezeit asiatischer Bronzekunst überhaupt. Es gibt neben der genauen Beschreibung der Kunstwerke und ihrer Ornamente die für den Sammler so unerläßlich notwendige Wissenschaft von Erkennungsmerkmalen der alten Bronzen, der Art ihrer Herstellung und der Fälscherkünste. Ein einleitender geschichtlicher und kultureller Überblick, der in die vor- und nachchristlichen Perioden einführt, macht die einzelnen Gefäße, die in der Hauptsache Sakralgefäße sind, und ihre Ornamente lebendig

Im Lande der aufgehenden Sonne

Von

Professor Dr. Hans Molisch
Wien

Mit 193 Abbildungen im Text. XI, 421 Seiten. 1927. Gebunden RM 24.—
(Verlag von Julius Springer in Wien)

Das Leben. Sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung. Präsidialrede, gehalten zur Eröffnung der „British Association for the Advancement of Science" in Dundee, September 1912. Von Dr. E. A. Schäfer, Professor der Physiologie an der Universität Edinburgh. Autorisierte deutsche Übersetzung aus dem Englischen von Charlotte Fleischmann. V, 67 Seiten. 1913. RM 2.50

Über die Altersschätzung bei Menschen. Von L. R. Müller, Direktor der medizinischen Klinik in Erlangen. Akademische Antrittsrede bei der Übernahme der Professur für innere Medizin in Erlangen gehalten. Mit 87 Textabbildungen. IV, 62 Seiten. 1922. RM 3.35

Rasse und Körperbau. Von Dr. Franz Weidenreich, Professor an der Universität Heidelberg. Mit 201 Abbildungen. XI, 187 Seiten. 1927. RM 12.60; gebunden RM 14.40

Körperbau und Charakter. Untersuchungen zum Konstitutionsproblem und zur Lehre von den Temperamenten. Von Dr. Ernst Kretschmer, a. o. Professor für Psychiatrie und Neurologie in Tübingen. Fünfte und sechste unveränderte Auflage. Mit 41 Abbildungen. VI, 214 Seiten. 1926. Gebunden RM 12.—

Gregor Johann Mendel. Leben, Werk und Wirkung. Herausgegeben mit Unterstützung des Ministeriums für Schulwesen und Volkskultur in Prag von Dr. Hugo Iltis in Brünn. Mit 59 Abbildungen im Text und 12 Tafeln. VII, 426 Seiten. 1924. RM 15.—; gebunden RM 16.80

Begriff und Bedeutung des Zufalls im organischen Geschehen. Von Dr. Günther Just, Privatdozent an der Universität Greifswald. Mit 3 Abbildungen. 26 Seiten. 1925. RM 1.50

Hippokrates. Eine Auslese seiner Gedanken über den gesunden und kranken Menschen und über die Heilkunst. Sinngemäß verdeutscht und gemeinverständlich erläutert von Arnold Sack, Dr. med. et phil., Heidelberg. Mit einem Bildnis. VI, 87 Seiten. 1927. RM 3.60; gebunden RM 4.50

Leben und Arbeit. Gedanken und Erfahrungen über Schaffen in der Medizin. Von W. A. Freund. Mit 10 Abbildungen und dem Bildnis des Verfassers. XII, 170 Seiten. Neudruck 1914. RM 5.—

Deutsche Ärzte-Reden aus dem 19. Jahrhundert. Herausgegeben von Dr. med. Erich Ebstein in Leipzig. Mit 12 Bildnissen und einer Bibliographie. XX, 220 Seiten. 1926. Gebunden RM 9.—

Inhalt: Reil, Abschiedsrede in Halle (1810) — Schoenlein, Eröffnung der med. Klinik in Würzburg (1819) — Oppolzer, Antrittsrede in Leipzig (1848) — Wunderlich, Antrittsrede in Leipzig (1851) — Griesinger, Gedenkrede auf Schoenlein (1864) — Rokitansky, Der selbständige Wert des Wissens (1867) — du Bois-Reymond, Über Geschichte der Wissenschaft (1872) — Helmholtz, Das Denken in der Medizin (1877) — Hoffmann, Erwiderung auf einen Trinkspruch zu seinem 50jährigen Doktor-Jubiläum (1883) — Pettenkofer, Rerum cognoscere causas (1890) — Virchow, Morgagni und der anatomische Gedanke (1894) — Naunyn, Rede bei der Abschiedsfeier in Straßburg (1904) — Bergmann, Reden am 70. Geburtstage (1906) — Koch, Antrittsrede in der Akademie der Wissenschaften in Berlin (1909) — Waldeyer, Begrüßungsrede an Koch (1909) — Ehrlich, Moderne Heilbestrebungen (1912) — Kocher, Ansprache an die Studentenschaft in Bern (1912) — Strümpell, Rede anläßlich der Überreichung der Erb-Medaille (1923) — Bibliographie und Quellennachweis der Reden — Allgemeine Literatur über Ärzte-Reden — Quellennachweis der Abbildungen — Namen- und Sachverzeichnis.

Ärzte-Briefe aus vier Jahrhunderten. Von Dr. med. Erich Ebstein in Leipzig. Mit Bildern und Schriftproben. XII, 204 Seiten. 1920. RM 5.30; gebunden RM 7.—

Ärzte-Memoiren aus vier Jahrhunderten. Herausgegeben von Dr. med. Erich Ebstein in Leipzig. Mit 24 Bildnissen und Bibliographie. XIV, 406 Seiten. 1923. Gebunden RM 10.—

Aus heiteren Jugendtagen. Von Friedrich Trendelenburg. Mit 2 Bildnissen. VI, 296 Seiten. 1924. Gebunden RM 9.60

Erinnerungen an Heinrich Curschmann. Von Fritz Curschmann — Hans Curschmann — Carl Hirsch — Felix Wolff. Mit 6 Tafeln. IV, 88 Seiten. 1926. Gebunden RM 4.50

Inhaltsverzeichnis: Die Vorfahren. Jugend in Gießen. Mainz. Berlin. Von Fritz Curschmann-Greifswald. — Die Hamburger Zeit. Von Felix Wolff-Hamburg. — Meine Erinnerungen an die Leipziger Klinik Heinrich Curschmanns. Von Carl Hirsch-Bonn. — Kunst und Dichtung. Von Hans Curschmann-Rostock. — Krankheit und Ende. Von Hans Curschmann-Rostock. — Wissenschaftliche Arbeiten Heinrich Curschmanns.